

Die Wasserversorgung

auf den k. k. Istrianer und Dalmatiner Staatsbahnen.

Von

Ober-Ingenieur G. Plate.

Nach dem Vortrage in der Plenarversammlung des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereins mit Berücksichtigung der ergänzenden Detail-Mittheilungen des Ingenieurs L. Petschacher in der Fachversammlung der Maschinen-Ingenieure.

(Mit Zeichnungen auf Blatt Nr. 15 und 16.)

Die Versorgung einer Eisenbahnlinie mit dem für den Locomotiv-Betrieb benöthigten Wasser findet bekanntlich in den meisten Fällen, insbesondere aber fast überall, wo die Bahnen sich in Ebenen oder in weiten Thälern in geringer Höhe über der Thalsohle hinziehen, durch Anlage von Brunnen statt, aus denen kleine Pumpwerke das Wasser in eiserne Stations-Reservoirs heben.

In manchen Fällen, wo bei Abteufung des Brunnens keine genügend Wasser führende Schichte erreicht wird, sucht man den Wasserzufluss durch Anlage von Sickerschlitten oder durch mit Steinen und Schotter ausgebeugte Stollenanlagen zu vermehren, manchmal auch auf diese Weise oder durch Röhren eine directe Communication mit einem Bache oder Flusse in der Nähe herzustellen.

Ist die Bahnlinie in grösserer Entfernung von einem Wasserlauf, so hat man auch wohl gesucht, durch Tiefbohrung eine mit einem Wasserlauf communicirende, Wasser durchlässige, Schichte zu erreichen: ein Mittel, dessen Resultat natürlich ganz von den geologischen Verhältnissen und von der Vertrauenswürdigkeit des zu Rathe gezogenen Geologen abhängig ist.

Sicherer geht man in vielen solchen Fällen, wenn man darauf verzichtet, das Pumpwerk unmittelbar auf der Station anzulegen und solches tiefer in der Thalsohle, wo möglich unmittelbar an einem Wasserlauf errichtet, von wo dann das Wasser mittelst eines mehr oder minder kräftigen Druckwerkes, als dessen Motor unter Umständen vortheilhaft ein hydraulischer gewählt werden kann, zur Station gefördert wird.

Bei Bahnen, welche sich in engeren Thälern oder längs Gebirgslehnen entwickeln, wird es, wie beispielsweise in den Alpenländern, häufig der Fall sein, dass sich Quellen mit constanter Ergiebigkeit in genügender Höhe über dem Niveau der Bahn befinden, welche es ermöglichen, das Wasser durch natürlichen Druck in die Stations-Reservoirs zu leiten, wodurch dann jedes Pumpwerk überflüssig wird; ein Fall, der stets freudig durch den Betrieb begrüsst wird, da dadurch ein Pumpenwärter und die Kosten des Maschinenbetriebes erspart werden.

Sind in der Nähe einer Bahntrace weder Flüsse, noch Bäche, noch Quellen vorhanden und ist die Terraininformation eine derartige, dass weder durch Anlage von Brunnen und Sickerschlitten, noch durch Tiefbohrung eine beständig Wasser führende Schichte erreicht werden kann, so bleibt nur noch jenes Mittel übrig, welches wir in vielen südlichen wasserarmen Ländern zum Zwecke der Versorgung mit Trinkwasser angewendet sehen: es ist dies die Anlage von Sammelbassins, von denen die in solchen Gegenden gebräuchlichen Cisternen nur eine, besonderen Zwecken gewidmete Gattung sind.

In diesen Sammelbassins muss das in gewissen Zeiten gesammelte Wasser als Vorrath für die trockene, regenlose Zeit auf-

gespeichert werden, und wird von dort nach Bedarf zur Station gefördert.

Je nach Höhenlage des Bassins zur Bahn kann der Fall eintreten, dass sich das Wasser aus diesen mit natürlichem Drucke in die Stations-Reservoirs ergiesst oder durch Pumpwerke hinaufgefördert werden muss.

I. Die Wasserversorgung auf den Istrianer Strecken.

Zu solchen wasserarmen Gegenden gehört das häufig ganz vegetationslose, wild zerklüftete Karstgebiet, welches die Nordküste der Adria umsäumt, und sich längs deren Ostküste bis Dalmatien und südlicher erstreckt.

Zum vierten Male im Jahre 1876 durch die Linie Divazza-Pola-Rovigno mit Bahnen durchzogen, ist es erst wenige Monate her, dass die fünfte Karstbahn (in Dalmatien) dem Verkehre übergeben wurde. Würdig reihen sich diese zwei Bahnen ihren Vorgängerinnen, Laibach-Nabresina, St. Peter-Fiume und Carlstadt-Fiume in Bezug auf Schwierigkeiten der Tracirung und des Baues an, und war unter diesen Schwierigkeiten die Lösung der Frage betreffs der Wasserversorgung nicht die geringste.

Im Nachfolgenden will ich versuchen, in kurzen Abrissen ein Bild zu geben, wie diese Frage gelöst wurde.

Das ganze Karstgebiet, dieses wilde mit Felstrümmern besäte Hochplateau, hat trotz der colossalen plötzlichen Niveau-Differenzen, die den Bau von Strassen und Bahnen so erschweren, keine ausgesprochenen Höhenzüge und dem entsprechend Fluss- und Bachthäler, welche einen constanten Wasserlauf haben und in deren Sohle mittelst Brunnenanlagen oder Sickerschlitten das Saugwasser aufgefangen werden könnte. Die im Karstgebiete vorkommenden Bach- und Flussbette sind mit wenig Ausnahmen nur unmittelbar nach heftigen Regengüssen mit Wasser gefüllt, während sich geringe Niederschläge gar nicht zu Bächen sammeln. Die Niederschläge verschwinden momentan, oder nach kurzem Laufe wieder in dem zerspaltenen, höhlenreichen Felsboden. Solcher Verschwindungslöcher, deren grössere „Foiben“ genannt werden, ist das Karstgebiet voll, und erst wenn diese nicht mehr im Stande sind, die Niederschläge so schnell in die unterirdischen Wasserläufe abzuführen, als der Regen von den meist entblösten Felslehnen herabstürzt, füllen sich Bach- und Flussbette, bis nach wenig Stunden oder Tagen, je nach der Niederschlagsmenge, wieder das trockene, mit neuem Gerölle ausgefüllte Bett vor uns liegt. Die zur Regel gehörigen wolkenbruchartigen Regen der Herbst- und Frühjahrs-Periode geben hingegen diesen sonst trockenen Bachbetten den Charakter von Wildbächen oder erzeugen örtliche Ueberschwemmungen, so dass trotz des grossen Wassermangels Strassen- und Bahnanlagen gegen Beschädigung durch Wasser geschützt werden müssen.

Bekannt sind die grossen Verschwindungslöcher am Karst, wie z. B. San Canzian bei Divazza, wo die Recca nach kurzem Lauf zwischen hohen senkrechten Felswänden als mächtiger Bach verschwindet, und erst nahe dem Meere wieder zum Vorschein kommt. Manchmal scheint der ganze Boden des Karstgebietes wie ein Sieb durchlöchert zu sein, und kann man hieraus auf ungeheure noch unbekannte unterirdische, mehr oder weniger mit Wasser gefüllte höhlenartige Gänge schliessen, wie deren auch bei jeder grösseren Felssprengung im Karst aufgeschlossen werden.

Derlei Wasserhöhlen im Karstgebiet zu suchen, dürfte wohl ein vergebliches Beginnen sein, so angenehm das Auffinden einer

solchen zum Zwecke der Wasserversorgung auch sein würde. Eine derartige Wasserhöhle wurde beim Baue der Istrianer Bahn in der Nähe der Station Pola (Blatt 15, Fig. 5) in geringer Entfernung vom Meere gefunden und auch zur Wasserversorgung der Station benützt.

Was nun die Wasserversorgung für die Istrianer Bahn anbelangt, so waren, ausser bei Pola, nahe der Bahntrasse keinerlei Wasserhöhlen bekannt, und es musste bei den Stationen: Cerouglic, Rozzo und Canfanaro zur Anlage künstlicher Sammelbassins geschritten werden, während sich für Rachitovich eine zu Tage tretende Quelle, ein seltenes Vorkommniss im Karst, in grosser Höhe über der Station, und bei Rovigno ein natürliches Sammelbecken vorfand, welche beide genügend Wasser für die dort anzulegenden Wasserstationen boten.

In Divazza aber, der Anschluss-Station der Südbahn, wird das Wasser aus der von Ober-Lesece längs der Bahn bis Nabresina geführten Leitung der Südbahn entnommen.

Die Wahl der genannten Station als Wasserstation konnte nicht zweifelhaft sein, da auch auf keiner der übrigen Stationen eine einfachere Wasserversorgung möglich war; auch die Anzahl derselben erscheint keine zu grosse für einen lebhaften Verkehr, für welchen programmgemäss, besonders mit Rücksicht auf die strategische Wichtigkeit der Bahn, Vorsorge getroffen werden musste, und ferner die Maximalsteigung von 20‰ vielfach und in beiden Richtungen in Anwendung kam. Die Maximal-Entfernung zweier Wasserstationen auf der Istrianer Bahn beträgt 30^{km}; ihre durchschnittliche Entfernung 24^{km}.

Es erhält sich die Bahn (Blatt 15, Fig. 1) vom Anschlusspunkt in Divazza mit 432^m Höhe über dem Meere bis zu 540^m und senkt sich bei Pola und Rovigno bis zu 2^m, nicht ohne vorher noch einige Male Gegensteigungen bis zu 100^m relativer Höhe zu überwinden.

Die Betriebsmaschinen der Istrianer Staatsbahn (schwere Sechskuppler) verbrauchen bei einer Maximalbelastung von 175 Tonnen, unter Einrechnung des durchschnittlichen Verbrauches bei Verschiebungen auf den Stationen und unter mittleren Verhältnissen in runden Ziffern folgende Wasserkantitäten:

Von Divazza	nach Rachitovich	. . . . .	5 · 0 ^{kbm} ,
" Rachitovich	" Rozzo	. . . . .	1 · 0 ^{kbm} ,
" Rozzo	" Cerouglic	. . . . .	3 · 5 ^{kbm} ,
" Cerouglic	" Canfanaro	. . . . .	4 · 0 ^{kbm} ,
" Canfanaro	" Pola	. . . . .	1 · 0 ^{kbm} ,
" Canfanaro	" Rovigno	. . . . .	1 · 0 ^{kbm} ,

und in entgegengesetzter Richtung:

Von Rovigno	nach Canfanaro	. . . . .	6 · 0 ^{kbm} ,
" Pola	" Canfanaro	. . . . .	7 · 0 ^{kbm} ,
" Canfanaro	" Cerouglic	. . . . .	4 · 5 ^{kbm} ,
" Cerouglic	" Rozzo	. . . . .	4 · 5 ^{kbm} ,
" Rozzo	" Rachitovich	. . . . .	3 · 5 ^{kbm} ,
" Rachitovich	" Divazza	. . . . .	4 · 0 ^{kbm} .

Dieser berechnete Wasserverbrauch und ein der Maximalleistung der eingleisigen Bahn entsprechender Verkehr mit Doppelzügen, dessen grösste Intensität möglicherweise in eine Periode treffen wird, wo den Bassins, wegen mangelnder grösserer Niederschläge, kein Wasser zugeführt werden kann, welcher Fall im Karstgebirge manche Jahre 5—6 Monate hindurch eintritt, lag der Berechnung über die erforderliche Wassermenge und speciell

über den Fassungsraum der Bassins zu Grunde, wobei noch Rücksicht auf die im Sommer stattfindenden, nicht geringen Verluste durch Verdunstung zu nehmen war.

Dem entsprechend beträgt der Fassungsraum der Sammelbassins in Rozzo 9300^{kbm}, in Cerouglic 14·500^{kbm} und in Canfanaro, der Abzweigstation des Flügels nach Rovigno, 18·500^{kbm}.

Die Anlage der drei Wasserstationen Cerouglic, Rozzo und Canfanaro mit Sammelbassins ist im Principe ganz die gleiche, doch unterscheiden sich dieselben nicht nur, wie soeben bemerkt, durch die Grösse der Bassins, sondern besonders durch die relative Lage der Bassins zu den Stationen.

Die Füllung des Vorrathsbassins erfolgt in Cerouglic und Rozzo (Blatt 15, Fig. 8—11) durch gestaute Wildbäche, welche bei den regelmässigen Herbst- und Frühjahrsregen bedeutend anschwellen, während sie die übrige Zeit nahezu trocken sind.

Die Bassins sind ungefähr $\frac{2}{3}$ ihrer Tiefe, welche zwischen 4 und 5^m beträgt, in das natürliche Terrain eingeschnitten, das in dem oberen Drittel der Bassins gesammelte Wasser wird aber durch die aus dem Aushub gebildeten Dämme vor dem Abflauen bewahrt. Bei der ungeheueren Rapidität, mit welcher die Hochwässer eintreten, füllen sich die Bassins in wenig Stunden und müssen dann sofort die Einlassschützen geschlossen werden, denn eben so schnell verläuft sich das Hochwasser wieder aus den Bächen und blieben die Bassins nur bis zur Wehrhöhe gefüllt, wenn die Absperrung nicht alsbald erfolgen würde, da Local-Verhältnisse eine Stauung der Wildbäche bis zur Dammkrone der Bassins nicht gestatten.

Eigenthümlich sind die Verhältnisse, unter denen das Wasser für die Bassins in Canfanaro aufgefangen wird.

Das sogenannte Dragathal, eine etwa 10^{km} lange, von hohen kahlen Felslehnen umgebene Niederung, wird regelmässig im Herbst und Frühjahr durch das von den Lehnen herabstürzende Regenwasser mehrere Meter hoch unter Wasser gesetzt und wälzt sich bei Eintritt dieses Vorkommnisses in der ganzen Ausdehnung des mehrere hundert Meter breiten Thales eine mit Schlamm und Humus geschwängerte Wassermasse gegen jenen tiefer gelegenen Winkel der Mulde, wo die Sammelanlage erbaut wurde; gleich hinter dieser Anlage wird die Mulde aber durch den hohen Strassendamm, in welchem sich kein Object befindet, vollständig geschlossen, so dass hier das Wasser zum Stehen gelangt. In wenig Tagen, manchmal schon nach 24 Stunden, ist diese Wassermasse wieder durch die zahlreich sich vorfindenden Foiben verschwunden und hinterlässt eine, allmähig die Thalsohle erhöhende, Schlammsschichte, während die Berglehne successive ganz vom Humus entblösst wird.

Auch hier müssen bei Eintritt der Ueberschwemmung, sobald dieselbe einen höheren Wasserstand erreicht, als augenblicklich in den Bassins vorhanden ist, die Schützen geöffnet und nach Füllung der Bassins sofort wieder geschlossen werden.

Die Dichtung der Bassins war ursprünglich mittelst Béton projectirt, doch fand sich in dem Aushubmaterial selbst ein so vortreffliches und billiges Dichtungsmittel, dass nur ein geringer Theil der Sammelteiche betonirt wurde. Grosse Sorgfalt wurde nach geschehenem Aushub auf die Untersuchung der Sohle und der Wände verwendet, damit nicht irgendwo eine verborgene Foibe unentdeckt bliebe. Bei erdigem Untergrund wurden alle Baumwurzeln ausgerottet, im felsigen Boden die Spalten und Löcher aufgedeckt und ausgemauert oder überwölbt, dann das gehörig durchgearbeitete und gesichtete Aushubmaterial, ein sehr fetter

fast rother Lehm, in mehreren Schichten bis zur Gesamthöhe von 50^{cm} aufgetragen und jede Schichte gestösselt, endlich die Böschungen zum Schutze gegen das Abspülen durch die Wellen und das Rissigwerden beim Austrocknen abgeplästert, indem in die letzte Lehmschichte geschlägelte Steine von 12—15^{cm} Höhe mit hölzernen Schlägeln Mann an Mann eingetrieben wurden. Die Dichtung hat sich bis nun vollkommen bewährt.

Jede der drei Stationen mit Sammelanlagen hat zwei nebeneinander liegende Bassins (Blatt 15, Fig. 8 und 10), welche durch einen Damm getrennt sind, und hat jedes Bassin seine besondere Einlaufschütze (Blatt 15, Fig. 9 und 11).

Diese Doppelanlage ist eine aus Betriebsrücksichten gebotene Vorsichtsmassregel, deren Mehrkosten im Vergleich zu der dadurch erreichten Sicherheit unbedeutend sind, und sollte bei ähnlichen Anlagen nie unterlassen werden.

Leider gab sich bei keiner der drei Bassin-Stationen die Gelegenheit zur Anlage von Thalsperren und Sammlung des Wassers in solcher Höhe über den Stationen, dass dasselbe direct den Stations-Reservoirs zuläuft; und so musste denn zur Förderung des Wassers zu Pumpenanlagen mit Dampfmaschinen-Betrieb geschritten werden, deren Grössenverhältniss für jede der drei Stationen ein anderes ist, wie solches durch die relativ verschiedenen Höhenanlagen der Bassins zur Station bedingt wird.

In dem Trennungsdamme der zwei Theilbassins befindet sich ein aus Quadern erbauter Schleusenthurm (Blatt 15, Fig. 12 und 13) mit dem lichten Profil von 1·8^m auf 1·0^m und zwei Vorkammern, welche die Einlassventile für das Wasser in den Schleusenthurm enthalten. Bei beiderseits geöffneten Ventilen können die zwei Bassins durch dieselben in Verbindung gesetzt werden. Die Vorkammern sind gegen die Bassins zu durch gusseiserne, in Nuthen des Mauerwerkes geführte Schieber (Jalousieschützen), welche ineinander greifen wie Nuth und Feder, geschlossen, und können diese Schieber, welche einzeln eine Höhe von 0·5^m haben, von oben mit einer Hakenstange herausgezogen werden. Da nach Füllung der Bassins das Wasser in der ersten Zeit naturgemäss sehr trübe sein wird, sich aber in den oberen Schichten früher klärt, als weiter unten, so soll mit dieser Einrichtung bezweckt werden, dass das in dem Schleusenthurm eintretende Wasser hauptsächlich aus den oberen Schichten entnommen, und auf solche Weise der Schleusenthurm möglichst vor Verunreinigung durch die Senktheile des Wassers geschützt wird. Eine vollständige Dichtung der einzelnen Schieber unter sich und mit dem Mauerwerk ist hier nicht beabsichtigt und auch nicht erforderlich. Je nach dem Wasserstande in den Bassins werden diese Schieber entfernt und bei neuer Füllung derselben wieder eingesetzt.

In dem Schleusenthurm wasserdicht eingefügt, befindet sich das Saugrohr für die Pumpe; und zwar kann das Wasser entweder durch eine kleine Filterpumpe, welche das Wasser auf die Filter ergiesst, oder direct durch die Förderpumpe entnommen werden, wenn dasselbe rein genug ist, je nachdem von zweien der in diese combinirte Saugleitung eingeschalteten Ventilen das eine oder das andere geöffnet wird.

Die Oberflächenfilter so tief unterirdisch anzulegen, dass sich das Wasser aus den Bassins direct in dieselben ergiesst, wäre wegen der bedeutenden Tieflage, welche die Filter unter dem natürlichen Terrain hätten erhalten müssen, zu kostspielig in der Anlage gewesen und wurde deshalb die oben erwähnte Filter-

pumpe, zu der eine möglichst einfache Construction (einfach wirkende Plungerpumpe) gewählt wurde, zum Zwecke der Förderung des unreinen Wassers aus den Bassins in die Filter im Maschinenhaus aufgestellt.

Die Filter bestehen aus zwei gesondert oder auch gemeinschaftlich wirkenden Kammern (Blatt 15, Fig. 14—17), deren Oberfläche, nach dem stündlichen Maximalbedarf der Stationen berechnet, für Rozzo zusammen 40, für Cerouglie 60, für Canfanaro 80^{qm} beträgt; ferner aus einer Reinwasserkammer von 26^{km} Inhalt und aus einer Ventilkammer. Die Einrichtung ist, ausgenommen die Grösse der Filterfläche, bei allen drei Stationen die gleiche. Es wurde bei Berechnung der Grösse der Filter angenommen, dass dieselben per Quadrat-Meter Oberfläche stündlich etwa 0·2^{km} Wasser reinigen. Bei wirklich eintretendem Maximalbedarf der Stationen müssen dann beide Filterhälften in Wirksamkeit treten, während bei geringem Bedarf eine Hälfte genügt und zeitweilig auch die Filtrirung ganz überflüssig wird.

Die Filterschichte, in einer Gesamtstärke von 1·5^m, besteht unten aus faustgrossen, nach oben hin aus kleineren Steinen, die oberste Schichte, in der Stärke von 0·5^m, ist reiner grobkörniger Quarzsand. Die ober der Filtermasse stehende Wasserschichte hat eine Höhe von 0·8^m im Maximum. Das gereinigte, durch die Filtermasse durchsickernde Wasser steigt in Folge des hydrostatischen Ueberdruckes durch aufwärts gebogene Rohre in die anschliessende Reinwasserkammer, und liegt die Oberkante dieses Ausflussrohres 0·3^m tiefer, als der höchste Wasserstand über der Filtermasse. Dieser Höhe entspricht also der grösste Ueberdruck des Wassers während der Filtration selbst dann, wenn die Förderpumpe die Reinwasserkammer schneller entleeren sollte, als der Zufluss durch das Filter stattfindet, und ist dadurch die vollständige Klärung des Wassers gesichert.

Durch ein mit diesem Rohre weiter in Verbindung stehendes Equilibrirungs-Ventil kann, falls der Wasserstand über der Filtermasse abnimmt, oder falls die Filtermasse verunreinigt und zu wenig durchlässig sein sollte, der Ausfluss des gereinigten Wassers regulirt werden, und dient dieses Ventil gleichzeitig zur vollständigen Entleerung der Filterkammern im Wege der Reinwasserkammer, wenn eine Reinigung oder Reparatur der Filter beabsichtigt wird.

Die Filterkammern haben Sohlengewölbe und sind ebenfalls oben eingewölbt und mit Erde zugedeckt. Die Lage derselben ist in möglichster Nähe der Bassins, und gleich daneben befindet sich das Maschinenhaus, damit die Saugleitungen der Pumpen keine zu grosse Länge erhielten. Wohnräume für den Pumpenwärter und kleine Kohlenschuppen vervollständigen die Anlage. Das Vorhandensein von in Schichten brechenden quaderähnlichen Bruchsteinen (Karstkalk) erleichterte den Bauunternehmungen die musterhafte Ausführung des Mauerwerkes bei den beschriebenen Objecten.

Ausser den kleinen schon erwähnten Filterpumpen, welche von einer stehenden besonderen Dampfmaschine angetrieben werden und in einem Schachte unter dem Fussboden des Maschinenhauses stehen, befindet sich in den Maschinenhäusern noch die von einer zweiten Dampfmaschine getriebene, doppeltwirkende Förderpumpe mit entsprechend grossem Windkessel nebst den stehenden Dampfkesseln. Die Speisung der letzteren kann in Rozzo und in Canfanaro nicht nur durch die Speisepumpe, sondern auch vom Windkessel aus geschehen, indem der Druck in der Wasserleitung ein

grösserer ist, als der Dampfdruck in den Kesseln. Die Situierung der Filterpumpe unter dem Fussboden des Maschinenhauses war durch die in Folge von Localverhältnissen gebotenen Höhenlagen der Maschinenhäuser bedingt, da sonst bei geringem Wasserstande in den Bassins die Saughöhe eine zu bedeutende geworden wäre.

Die Förderpumpen heben das Wasser auf die Station und beträgt der Höhenunterschied in Cerouglic 12^m, in Rozzo 66^m und in Canfanaro 146^m. Die Länge der Leitungen bis zur Station in derselben Reihenfolge ist 534^m, 962^m und 3750^m. (Blatt 15, Fig. 2—4.)

Da die Leistung der Förderpumpen per Stunde 15—16^{kbm} beträgt, so entspricht die erforderliche effective Kraftentwicklung der Maschinen bei Cerouglic circa 2, bei Rozzo circa 7, und bei Canfanaro circa 16 Pferdekraften, wodurch sich die Unterschiede in den Detail-Constructionen der Dampfmaschinen, Kessel und sonstigem Zubehör von selbst ergeben, welche sonst im Principe bei allen drei Stationen gleich sind.

Der zur Station führende Rohrstrang hat bei der kleinen Anlage 100^{mm}, bei den zwei grösseren 120^{mm} Durchmesser. Ueber die Rohrleitungen selbst werde ich weiterhin einige Angaben machen.

Die Leitung zur Station Canfanaro überschreitet einen Berg Rücken, und liegt der höchste Punct derselben auf circa $\frac{2}{3}$ der ganzen Länge 12^m höher als das Stations-Reservoir (Blatt 15, Fig. 4). Dieser Umstand war die Veranlassung, am höchsten Puncte die Leitung durch eine offene Ausguss-Cisterne zu unterbrechen, in welche das Wasser hineingepumpt wird, und von wo dasselbe dann mit natürlichem Gefälle in das Stations-Reservoir abläuft. Diese Zuleitung liegt im Bahnkörper, während alle übrigen Leitungen ausserhalb des Bahnkörpers situirt sind. Die Ausguss-Cisterne besteht aus einem runden gusseisernen Behälter mit Ueberlaufrohr, an den sich unten die Einlauf- und Auslaufrohre anschliessen (Blatt 15, Fig. 18 und 19).

Die Stationen haben runde Blechreservoirs von 56^{kbm} Inhalt, und zwar Canfanaro und Pola deren zwei, die übrigen Stationen nur eines. Ueber diese, sowie über die Zu-, Ab- und Ueberlaufrohre ist nichts Besonderes zu erwähnen; die Construction schliesst sich im Allgemeinen den bewährten Mustern der österreichischen Südbahn an. Eine Verlegung der Absperrventile im Reservoir-Gebäude vom Reservoir, wo dieselben nur mittelst Leitern zugänglich sind, in einen tiefer gelegenen Theil der Rohrleitung, die Anordnung von Entleerungs-Ventilen im unteren Knierohre der Zuleitungen zum Zwecke der etwaigen Durchspülung der Rohrleitungen, sowie die Construction der Wasserkrahne ohne Stopfbüchse nach dem Muster der Oldenburgischen Staatsbahnen dürften die hauptsächlichsten Aenderungen gegenüber den Südbahn-Constructionen sein.

Elektrische, selbstthätige, mittelst Schwimmer functionirende Signal-Vorrichtungen geben dem Pumpenwärter ein akustisches Zeichen zum Beginn des Pumpens, wenn die Reservoirs circa $\frac{2}{3}$ entleert sind; und erhält derselbe andererseits ein gleiches Signal zum Aufhören, kurz bevor die Reservoirs ganz gefüllt sind.

Die bereits früher kurz erwähnte Wasserversorgung in Pola besteht ebenfalls in einem Druckwerke, welches unmittelbar über jener Felsspalte erbaut wurde, wo sich ein natürliches Süsswasser-Bassin, in welchem sich die Abläufe aus dem oberen Karstplateau unterirdisch sammeln, 1.5^m über dem benachbarten Meere fand (Blatt 15, Fig. 5).

Zur Zeit des Baues wurden in dem Stations-Einschnitt von Pola eine Menge Quellen, resp. Wasserbassins aufgedeckt, welche theilweise Meerwasser, theilweise Süsswasser enthielten, manchmal in unmittelbarster Nähe nebeneinander, ein Beweis für die zerklüftete Karstformation.

Solche Süsswasserquellen finden sich überhaupt im Karst nicht selten unmittelbar am Meere in einem etwas höheren Niveau als der Meeresspiegel. Durch irgend eine, wahrscheinlich erst weit von der Küste im Meeresboden mündende Spalte, scheinen solche Quellen mit dem Meereswasser in Communication zu stehen und erklärt sich ihr höheres Niveau zweifelsohne aus der Differenz des specifischen Gewichtes zwischen Salzwasser und Süsswasser. Bei sehr ausgiebiger Entnahme von Wasser aus derlei Quellen pflegt dasselbe dann auch den Charakter von Brakwasser anzunehmen.

Wegen der geringen Niveau-Differenz wurde in Pola die Pumpenanlage so arrangirt, dass das Wasser in ein bis über das Dach reichendes, oben offenes Standrohr gepumpt wird, von wo dann ein zweites Rohr abzweigt, welches an die zur Station führende Leitung anknüpft. Die Länge der Leitung beträgt 725^m und die Leistung der Pumpe 10^{kbm} per Stunde. Als Förderpumpe wurde hier die bei den Bassins-Stationen erwähnte Filterpumpe mit der kleinen stehenden Dampfmaschine unter Aenderung der Räderübersetzung angewendet.

Von den bisher beschriebenen Wasserbeschaffungs-Anlagen unterscheiden sich, wie bereits erwähnt, die der zwei Stationen Rovigno und Rachtovich dadurch, dass für beide Stationen das Wasser, freilich unter sehr verschiedenen Verhältnissen, bereits vorhanden und zu Tage war, und ausserdem ohne Pumpwerk durch natürlichen Druck auf die Stationen gefördert wird.

In Rovigno (Blatt 15, Fig. 6) wird das Wasser aus dem Lago di Ran, einer kaum 3^m tiefen, etwa 30.000 □^m grossen flachen Mulde entnommen, welche durch das von den benachbarten Strassenzügen und Feldern ablaufende Regenwasser gespeist wird und seine natürliche Dichtung in dem Untergrunde, derselben rothen, lehmigen Erde, welche als gewonnenes Aushubmaterial zur künstlichen Dichtung der Sammelbassins in Canfanaro etc. diente, findet.

Dieser Lago, ausser Cisternen das einzige Süsswasser der ganzen Gegend, war bisher die Viehtränke der Rovigneser und konnte das Wasserbezugsrecht nur gegen Anlegung eines neuen, denselben Zwecken dienenden Teiches erreicht werden. Eine solche Transaction mit der Gemeinde ward deshalb vorgenommen, weil sich der alte Lago wegen seiner Höhenlage zur Ausführung einer Leitung mit natürlichem Gefälle eignete, während sich für die Anlage des neuen Teiches in entsprechender Nähe der Station kein hoch genug liegender Punct fand.

Behufs Reinigung des häufig sehr trüben Wassers ist ein kleiner Theil des See's durch einen Steindamm abgetheilt und wird dieser Theil nicht durch direct zufließendes Wasser, sondern durch das durchsickernde Wasser vom anderen Seetheile gespeist.

Ausser diesem als Vorfilter dienenden Setzbassin ist noch ein doppeltheiliges Filter vorhanden, welches das Wasser zu passiren hat.

Die Einrichtung des Filters (Blatt 15, Fig. 26—28) ist bei dieser Station eine andere, wie bei den früher beschriebenen Bassin-Stationen. Es handelte sich hier darum, die dort in Anwendung gekommene Filterpumpe unter jeder Bedingung zu ver-

moiden, weil überhaupt bei dem genügenden Ueberdruck keine Maschine und kein Pumpwerk erforderlich war.

Es gelangt daher das Wasser aus dem Vorbassin über gleiche Jalousieschützen, wie oben beschrieben, durch directen Ueberlauf auf die Filtermasse, durchdringt diese 1.5^m hohe Schichte und steigt in dem Ausgussrohr, dessen Auslauf 0.3^m tiefer sein soll als der Wasserspiegel über den Filtern und im See, auf, um sich in die Reinwasserkammer zu ergiessen. Da nun der Wasserstand im See bis zu 2.4^m variabel ist, so musste das Auslaufrohr im verticalen Sinne beweglich gemacht werden, was mittelst eines über zwei Rollen geführten dünnen Drahtseiles geschieht.

Je nach dem Wasserstande im See muss dieses Rohr von Zeit zu Zeit gesenkt oder gehoben werden, damit der Ueberdruck das eine Mal genügend, das andere Mal nicht zu gross wird. Dieses Rohr ist stopfbüchsenartig mit den zwei aus den Filterkammern austretenden Einlaufrohren verbunden; ein absolutes Dichtsein dieser Verbindung ist dabei nicht erforderlich.

Die zwei Filter haben zusammen 40 □^m Oberfläche, und kann bei etwaiger Reinigung oder Reparatur das Wasser auch direct aus dem Vorfilter in die Leitung einfliessen.

Die Leitung zieht sich vom Filter aus durch Olivenhaine und Weingärten in einer Länge von 1400^m zur Station und wird das Einlaufrohr in das Stations-Reservoir durch eine selbstthätige Absperrung mittelst Schwimmer geschlossen.

Die Rohre haben 100^{mm} lichten Durchmesser und gibt die Leitung bei Niederwasser im See, wo der Ueberdruck 4.2^m beträgt, per Stunde reichlich 10^{kbm}.

Bedeutende Schwierigkeiten in der Projectirung und in der Ausführung ergab die Wasserversorgung für Rachitovich (Blatt 15, Fig. 7), wo allerdings etwas ungewöhnliche Verhältnisse obwalteten.

Rachitovich liegt in der ödesten, wildesten Karstformation, colossale Karstdämme und tiefe Felseinschnitte wechseln in unaufhörlicher Folge; mit Felstrümmer besäte Abhänge, zwischen deren Spalten ein paar Grashalme ihr kümmerliches Dasein fristen werden durch Dolinen, jene trichterförmigen Schluchten, in welchen der Regen den Humus zusammengeschwemmt hat, unterbrochen. Sorgfältig haben Menschenhände aus den Spalten und Schluchten mühselig den Rest des Humus zusammengetragen und mit Mauern umgeben, ihn zu bewahren vor Abschwemmung und Wind. Kalt bläst die Bora vom oberen Plateau herunter, oder heiss und lähmend der Sirocco von der Adria, deren blaue Fluthen 500^m tiefer sich in der Ferne zeigen. In mehrfachen Terrassen erhebt sich der wilde Karst hinter Rachitovich noch weitere 500 bis 600^m hoch, manchmal schroffe Abhänge bis zu 100^m Höhe bildend. An einem solchen Abhang, 350^m über der Station, fand sich eine Quelle von grosser und beständiger Ergiebigkeit, offenbar der Abfluss einer in dem höher gelegenen Terrain befindlichen Karsthöhlung.

Diese Quelle, berühmt in der ganzen Gegend, war bisher nur als Viehtränke von den Bewohnern eines elenden kleinen Tschichendorfes benützt, dessen Heiligthum sie ausmachte und dessen Existenz in jener Gegend vielleicht nur durch die Quelle hervorgerufen ist. Masslos waren denn auch die Ansprüche für diese Quelle; anfänglich in unbestimmten Begriffen zwischen einer grossen Geldsumme und Erbauung einer Votiv-Kirche schwankend, begnügte man sich endlich mit einer der Gemeinde gewidmeten

schattigen Viehtränke, in bequemerer Lage zum Dorfe als die alte, nebst einem Geldbeitrag für Schulzwecke.

Das der Quelle entströmende Wasser verlor sich bisher nach kurzem Laufe im Geröll und den Felsspalten; durch Sickerschlitze, etwa 30^m unterhalb der Quelle, wurde dasselbe aufgefangen und in ein Wasserschloss geführt. (Blatt 15, Fig. 22 und 23.)

Bei einer directen Fassung der Quelle wären Felssprengungen unvermeidlich gewesen, welche möglicherweise in dem zerklüfteten Karstfels die Oeffnung irgend einer verborgenen Spalte und den Verlust des Wassers zur Folge gehabt hätten.

Am Wasserschloss beginnt die Röhrenleitung mit 60^{mm} Durchmesser bis zu einem fast senkrechten Abhang von 11^m Höhe, wo das Wasser in einen in den Felsen getriebenen Schacht hinabstürzt und sich unten in einem kleinen gemauerten Bassin wieder sammelt. (Blatt 15, Fig. 24 und 25.)

Hiedurch wurde der Gefahr eines Zerreisens der Leitung vorgebeugt, während ein offener Absturz an der senkrechten Wand befürchten liess, dass bei Bora, die dort häufig und ungewöhnlich heftig wüthet, alles Wasser vertragen würde.

Anfänglich unter 45°, später allmählig in den Gefällsverhältnissen abnehmend, führt die Rohrleitung nun zuerst mit 50, dann mit 60 und zuletzt mit 70^{mm} Durchmesser bis zu dem gemauerten, auf einer Anhöhe neben der Station liegenden Reservoir, von wo die Leitung zu den Wasserkrahen beginnt, unterwegs zu der erwähnten Viehtränke ein kleines Rohr abzweigend. Ausser durch den Felsabsturz wird die Leitung noch sechsmal durch Entlastungskasten unterbrochen (Blatt 15, Fig. 20 und 21), so dass in keinem Theile der Leitung ein grösserer Druck als 50 bis 60^m, d. i. 5 bis 6 Atmosphären vorkommt, also trotz der hohen Höhendifferenz zwischen Quelle und Station von 320^m die Rohre keine abnormalen Wanddicken zu erhalten brauchten. Die Leitung hat eine Gesamtlänge bis zum Reservoir von 5173^m.

Der Durchmesser der Rohre und die Eintheilung der Entlastungskasten wurde nach der bekannten Formel $Q = 3600 \frac{d^2 \pi}{4} V$ berechnet, worin

$$V = \frac{\sqrt{2 g \cdot h}}{\sqrt{1.505 + \lambda \frac{l}{d}}} \text{ ist.}$$

Diese Formel ergab für die einzelnen Theilstrecken per Stunde folgende Wasserquantitäten:

1. Vom Wasserschloss bis zum Absturzschaft bei 60^{mm} Durchmesser und 94^m Länge 34^{kbm}.
2. Vom Absturzschaft bis zum ersten Entlastungskasten bei 50^{mm} Durchmesser und 103^m Länge 31^{kbm}.
3. Vom ersten bis zum zweiten Entlastungskasten bei 50^{mm} Durchmesser und 147^m Länge 27^{kbm}.

Diese Quantitäten überschreiten für gewöhnlich die Ergiebigkeit der Quelle und so wird alles durch die Sickerschlitze abgefangene Wasser bis zum zweiten Entlastungskasten auf eine Länge von circa 350^m hinabgeführt und ergiesst sich ein Theil des Wassers in die vom zweiten Entlastungskasten, welcher als offene Ausguss-Cisterne ausgeführt wurde, abzweigende Rohrleitung zur Viehtränke. Von hier aus wurden die Rohrdurchmesser nur mehr nach dem Maximalbedarf der Station berechnet und ergibt die Theilstrecke

4. vom zweiten bis zum dritten Entlastungskasten bei 50^{mm} Durchmesser und bei 260^m Länge 12.7^{kbm}.

5. Vom dritten bis zum vierten Entlastungskasten bei 50^{mm} Durchmesser und bei 497^m Länge 13·2^{kbm}.

6. Vom vierten bis zum fünften Entlastungskasten bei 50^{mm} Durchmesser und bei 552^m Länge 13·3^{kbm}.

7. Vom fünften bis zum sechsten Entlastungskasten bei 60^{mm} Durchmesser und bei 1284^m Länge 14·7^{kbm}.

8. Vom sechsten Entlastungskasten bis zum Feld-Reservoir bei 70^{mm} Durchmesser und bei 2236^m Länge 16·1^{kbm}.

Ein Ueberläufer der unteren Entlastungskasten findet nicht statt, indem jede folgende Theilstrecke etwas mehr Wasser abführt als zugeführt wird. Es liefert die Leitung thatsächlich per Stunde 12^{kbm} in das Reservoir, was der Ergiebigkeit der vierten Theilstrecke entspricht.

Die Entlastungskasten (Blatt 15, Fig. 20 und 21), in ähnlicher Construction auch am Brenner angewendet, sind gusseiserne Kasten, welche unten den Einlauf und Ablauf haben. Auf dem Deckel ist das obere offene Ueberlaufrohr befestigt, durch dessen Verlängerung oder Verkürzung die Höhendifferenzen (das h in der Formel) der einzelnen Theilstrecken etwas vergrössert oder verkleinert werden können, was wieder auf die Ergiebigkeit der einzelnen Theilstrecken von Einfluss ist.

Das gemauerte Feld-Reservoir ersetzt in Rachitovich die auf den übrigen Stationen ausgeführten eisernen Stations-Reservoir, dasselbe ist eingewölbt und mit Erde überdeckt und fasst 70^{kbm}. Einlass- und Ablauf-Ventil, sowie ein zur Filtrirung dienendes drittes Ventil liegen in einer kleinen angebauten Ventil-Kammer und ist für Ventilation Sorge getragen.

Ein immer laufender Stations-Brunnen, durch das überfließende Wasser aus dem Reservoir gespeist, war eine kleine, wenig Kosten verursachende Beigabe, deren Werth von dem Stations-Personale nicht hoch genug in dieser Gegend geschätzt werden kann und der Station in etwas den Charakter einer Strafcolonie benimmt. Auch wurde hiedurch die Anlage einer Cisterne für Trinkwasser erspart.

Ausser den geschilderten Wasser-Stationen befindet sich auf der Istrianer Bahn in Dignano (zwischen Pola und Canfano) eine Hilfs-Wasserstation für die Bergfahrt, welche keine directe Wasserbeschaffung hat. Es muss im Bedarfsfalle das Wasser mittelst der Wasserwägen, über welche ich später zu sprechen komme, hingeschafft, in die im Fundament des Reservoir-Gebäudes angebrachte Cisterne eingelassen und von hier mittelst Handpumpe in das Stations-Reservoir gehoben werden. Diese Wasserstation wird nur bei sehr lebhaftem Verkehr in Anspruch genommen.

In dem sehr coupirten Terrain war die Auffindung günstiger Tracen für die langen Wasserleitungen nicht ohne Schwierigkeit und erforderte in den meisten Fällen eine genaue Aufnahme des Terrains und Verzeichnung der Schichtencurven. Die darauf verwendete Mühe belohnte sich ausreichend, indem es gelang, sämtliche Leitungen mit Vermeidung aller Gegensteigungen, respective Gegengefälle zu legen, ohne dass von der durchschnittlichen Tieflage der Rohre unter dem natürlichen Terrain mehr als einige Zehntel-Meter hin und wieder abgewichen zu werden brauchte; auch die factische Länge der Leitungen beträgt im Maximum nur 12% mehr als die Länge der Luftlinie.

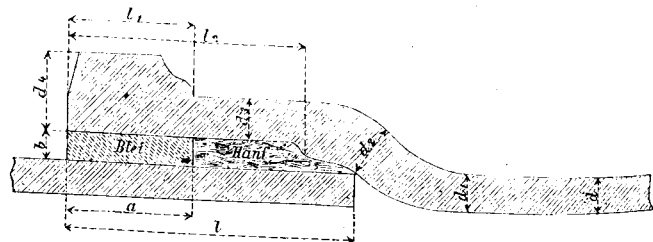
Bei Vermeidung von Gegensteigungen in den Rohrleitungen kann keine Luft in denselben eingesperrt werden, und ist daher die Anbringung selbstwirkender Luftventile und dergleichen, deren

sichere Functionirung immerhin auf die Dauer sehr in Frage steht, in solchem Falle überflüssig. Dieser günstigen Lage der Rohrleitungen ist es denn auch wohl zuzuschreiben, dass nach nunmehr fast 1½-jährigem Betriebe bei den Rohrleitungen, welche auf der Istrianer Bahn eine Gesamtlänge von 14.200^m erreichen, kein einziger Röhrenbruch vorgekommen ist, obgleich eine Erprobung der gelegten Rohrstränge wegen Mangel an Wasser nicht möglich war. Es wurden jedoch alle Röhren vor deren Absendung in den Fabriken einer Probe unterzogen, deren Stärke nach der empirischen Formel $Ap = (8 + 1.5 Af)$ Atmosphären bestimmt wurde. In dieser Formel bedeutet Ap den Probedruck, Af den factischen Maximaldruck, welchen die Rohre auszuhalten haben.

Diese Formel ergibt als Minimaldruck acht Atmosphären, welchem Drucke jedes Wasserleitungsrohr unterworfen werden sollte, um poröse Rohre von der Verlegung auszuschliessen. Für Rohre, welche grösserem Drucke ausgesetzt sind, vermindert die Formel den Probedruck verhältnissmässig, und beträgt derselbe nur mehr das Doppelte für Rohre, welche factisch 16 Atmosphären aushalten sollen; bei noch stärkerer Inanspruchnahme geht dann der Probedruck bis zum Anderthalbfachen herunter.

Wenn in den Rohrleitungen keine gewaltsamen Stösse vorkommen, so empfiehlt es sich nicht, den Probedruck zu stark vorzuschreiben, indem eine durch zu starken Druck hervorgerufene künstliche Spannung, wenn selbe auch nur während einer kurzen Zeit dauert, Veranlassung zu später eintretenden Brüchen geben kann.

In der nachstehenden Tabelle sind die Haupt-Dimensionen der zur Verwendung gekommenen und anbei in Profil gezeichneten Rohre, deren Dichtung mit Hanf und Blei in bekannter Weise



erfolgte, angeführt. Bei Entwerfung der Profile wurde besonders auf einen stetigen Uebergang der Querschnittsformen Rücksicht genommen, um alle künstlichen Spannungen im Materiale zu vermeiden. Im Allgemeinen entsprechen die Dimensionen den von der Versammlung der deutschen Wasser- und Gas-Techniker im Jahre 1866 festgesetzten Typen.

	Durchmesser im Lichten Millimeter					
	120	115	100	70	60	50
Baulänge L in Metern	2·5	2·5	2·25	2·0	2·0	2·0
Länge der Muffe l in Millimtr.	120	120	110	80	80	80
" " Verstärkung l_1 "	50	50	45	35	35	35
" " Dichtung l_2 "	102	102	91	65	65	65
Wandstärke (durchlfd.) d "	12½	15	10	10	9	9
" d_1 "	13½	16	11	11	10½	10
" d_2 "	18	20	15	14	14	13
" d_3 "	14½	17	12	12	12	11
" d_4 "	30	30	25	21	23	23
Bleilänge a "	50	50	45	35	35	35
Bleidicke b "	9	10	8	7	7	7
Effectiver Maximaldruck Atmosph.	8	15	2	4½	4½	5½
Vorgeschriebener Probedr. "	20	30	10	15	15	15
Vorgeschriebenes Minimal-Gewicht per Rohr..... Kilogr.	108·8	127·7	59·4	42	36	28

Die Röhren von 115^{mm} Durchmesser, welche die stärksten Dimensionen erhielten, kamen nur in der unteren Partie der Druckleitung für Canfanaro in Verwendung, welche im Uebrigen einen lichten Durchmesser von 120^{mm} erhielten. Es entstand deren Profil aus dem der 120^{mm} Rohre durch Verstärkung nach Innen, welche Verengung mit Rücksicht auf die angenommene geringe Geschwindigkeit des Wassers in der Druckleitung statthaft war.

Zur Vermeidung der Verwendung von gebogenen Rohren wurden alle Leitungskrümmungen mit Radien von mindestens 50^m gelegt. Plötzliche Gefällsbrüche in verticaler Projection, welche manchmal bei dem coupirten Terrain nicht zu umgehen waren, wenn nicht die Erdarbeiten dadurch unverhältnissmässig vertheuert werden sollten, wurden mittelst Röhren von halber Baulänge und der Anwendung von Uebermuffen ausgeführt.

Solche ganz glatte Rohre von halber Baulänge und dazu gehörigen Uebermuffen eignen sich ferner vorzüglich bei Eintritt von Rohrbrüchen zu Auswechslungen, indem deren Einlegung ohne Alterirung des übrigen intacten Rohrstranges vorgenommen werden kann.

Die Verlegung der Rohre geschah mit ganz geringen Ausnahmen, wo auf kurzen Strecken die Terrain-Verhältnisse die Verlegung auf aus Steinen geschichteten Dämmen erforderlich machte, in eigens zu dem Zwecke hergestellten, meistens in Fels eingesprengten Rohrgruben von 1—1.4^m Tiefe.

Die Ueberschüttung der gelegten Rohre musste sofort nach der erfolgten Dichtung stattfinden, da die Erfahrung zeigte, dass die Ausdehnung durch die Sonnenstrahlen (es fand das Legen der Rohrleitungen in den heissesten Sommermonaten statt) so bedeutend war, dass sich die Rohre aus der Dichtung herauszogen.

In der unteren Hälfte wurden die Rohrgruben mit erdigem Material wieder ausgefüllt und gestampft; in der oberen Hälfte wurde dort, wo erdiges Material gar zu schwer zu bekommen war, wie solches am Karst nicht selten der Fall ist, theilweise kleines Gestein zur Grabenausfüllung verwendet.

Das Verlegen der Rohre auf dem natürlichen Terrain und Ueberdecken desselben mit einem Damm aus Gerölle, um dadurch die allerdings kostspielige Grabensprengung zu ersparen, wurde nirgends vorgenommen.

Insbesondere im Karst sollte zu derlei Mitteln nicht gegriffen werden, da in grösserer Höhenlage solche Leitungen im Winter bei Bora unbedingt einfrieren müssen. Auch sind derartig verlegte Rohrleitungen vielmehr der Beschädigung bei etwaigen Wolkenbrüchen und dergleichen ausgesetzt, als wenn die Leitungen in das Terrain eingebettet werden.

Um die einseitige Dilatation der Rohrleitungen in steilen Böschungen und deren Hinabrutschen zu vermeiden, wurden an solchen Stellen von Zeit zu Zeit grössere Steine in die Grabensohle fest eingelassen, auf welchen die Rohre in Vertiefungen ruhen und sich mittelst an denselben befestigten schmiedeisernen Rohrschellen an die Steine anlegen. Dem Abrutschen des Deckmaterials in solchen steilen Partien zu begegnen, blieb von Zeit zu Zeit ein etwa 1^m breites Stück des Grabens stehen und wurden die Rohre durch ein in dem stehen gebliebenen Theile gebrochenes Loch hindurch geschoben; natürlich durften die Muffen nicht gerade mit diesen Stollen zusammenfallen (Blatt 15, Fig. 24).

Zu den Stationsleitungen, welche hin und wieder in die frische Anschüttung zu liegen kamen, wurden Rohre mit Drehmuffen, wie solche seitens der Südbahn vielfach verwendet werden,

gelegt, da diese Verbindung gegen Setzungen des Untergrundes viel nachgiebiger ist als Rohre mit Bleidichtungen. Das Verlegen solcher Rohre ist jedoch zeitraubender als das gewöhnlicher Muffenrohre; und man ist noch viel mehr auf die Verlässlichkeit der Arbeiter angewiesen, indem eine nachträgliche Dichtung bei etwaiger Nachlässigkeit fast nicht anders zu erreichen ist, als wenn die betreffende Muffe sammt deren Nachbarmuffe wieder ganz gelöst wird, was allerdings durch Erwärmen, wodurch der getheerte Dichtungsstrick verbrennt, möglich ist.

Zum Zwecke der Vergebung der mechanischen Einrichtung sammt Rohrleitung wurden alle Einrichtungen im Zusammenhang mit den zugehörigen Hochbauten und Unterbau-Arbeiten vorher gezeichnet, so dass den Fabriken zur Offertstellung alle Daten gegeben waren und denselben nur die Detaillirung oblag. Die Vergebung der Arbeiten an die Fabriken, zu welchen Zwecken eine öffentliche Concurrenz ausgeschrieben war, fand in der Weise statt, dass die zu liefernden Gegenstände in gewisse Gruppen getheilt waren, z. B. complete Einrichtung des Filters, complete Einrichtung innerhalb des Maschinenhauses u. s. w., für welche Gruppen einzelne Pauschalsummen, inclusive Montirung offerirt wurden; während für die Rohrleitungen Preise per laufenden Meter sammt Verlegung verlangt wurden. Alle Maurer-, Steinmetz-, Erdarbeiten und dergleichen waren von der Leistung der Fabrikanten ausgeschlossen und wurden diese Arbeiten durch die Bau-Unternehmer der übrigen Bahnarbeiten geleistet.

Im Jänner 1876 an zwei Fabriken, J. Körösi in Graz und Steierische Eisenindustrie-Gesellschaft in Zeltweg, vergeben, waren alle Stationen der Istrianer Bahn Anfangs September desselben Jahres in betriebsfähigem Zustande. Die Kosten der mechanischen Einrichtung incl. Montirung betragen rund 138.000 Gulden ö. W.

II. Die Wasserversorgung auf den dalmatinischen Bahnstrecken.

Was früher von Istrien gesagt wurde, gilt in erhöhtem Massstabe von Dalmatien.

Dieselbe öde Karstformation, ohne zusammenhängende Höhenzüge und ausgesprochene Thäler, mit den Relief einer vollständigen südlichen Vegetation in einzelnen Oasen, was in überraschender Weise hervortritt, wenn man, aus dem Innern des Landes kommend, das Hochplateau verlässt und auf der Bahn die Bucht von Salona umfährt, an der freundliche Ortschaften im italienischen Styl mit Wein- und Olivengärten, mit Feigen- und Granatbäumen, mit Cypressen, Lorbern und Myrthen, das Meer mit seinen vielen tiefen Einbuchtungen und Inseln im Hintergrunde, dem Auge eine angenehme Abwechslung bieten — aber allüberall derselbe Wassermangel wie in Istrien.

Das vor wenigen Monaten dem Betriebe übergebene dalmatinische Bahnnetz geht von den zwei Hafenstädten Sebenico und Spalato, deren Bahnhofe einige Meter über und unmittelbar am Meere liegen, aus. Beide Flügel vereinigen sich, nachdem der von Spalato kommende auf einer 11^{km} langen ununterbrochenen Rampe von 25‰ die Höhe von 362^m über dem Meere erklommen, sich wieder 205^m gesenkt und einen zweiten Rücken in der Höhe von 245^m überwunden hat, in der Station Perkovič, 201^m über der Adria; von dort überschreitet die Bahn noch zwei Höhenrücken in der Höhe von 373^m und 332^m, dazwischen sich wieder 87^m tief herabsenkend, und endet in der Station Dernis, 270^m hoch,

von welcher Station aus eine, in der zukünftigen Verlängerung gegen Knin führende Schleppbahn von 2^{km} Länge das Kohlenbecken Monte Promina verbindet. Ausser diesen Bergrücken kommen noch wiederholt kleinere verlorene Gefälle im Längenprofil vor. (Blatt 16, Fig. 1.)

Es betragen die Entfernungen von Sebenico nach Perkovič 22^{km}, von Spalato dahin 48^{km}, von Dernis nach Perkovič endlich 32^{km}.

Bei dieser gegebenen Situation und unter Berücksichtigung der Neigungsverhältnisse (alle die angeführten Bergrücken werden beiderseits mit Steigungen von 20 bis 25‰ und unter häufiger Anwendung des Minimal-Radius von 250^m übersetzt) konnte kaum ein Zweifel auftauchen, an welchen Orten der Betrieb Wasserstationen erforderlich mache. Es sind dies die drei Endpunkte des Bahnnetzes Sebenico, Spalato und Dernis, dann der Knotenpunkt Perkovič und endlich die Station Castelvechio am Fusse der 11^{km} langen Rampe, welch' letztere wenigstens eine Wasserstation für die Bergfahrt erforderte.

Glücklicherweise war wenigstens an zweien dieser fünf Stationen die Wasserentnahme durch die Natur sehr erleichtert.

In Dernis, bereits in der, das Kohlenbecken des Monte Promina einschliessenden Schieferformation gelegen, liefert das Flösschen Cicola das Wasser zur Station.

Der Brunnen, mit Sickerschlitz bis zum Flussbett, ist in der Thalsole angelegt, und ein Pumpwerk mit einer Druckhöhe von 30^m liefert das Wasser durch eine 2000^m lange Rohrleitung in das Stations-Reservoir. (Blatt 16, Fig. 3.)

In Castelvechio aber fand sich in genügender Höhe über der Stations-Nivellette eine Quelle, von Alters her die Erquickung der vorüberziehenden Wanderer und Saumthiere, indem dort der nach Spalato zunächst gelegene Caravanenweg in die Türkei vorbeiführt.

Diese Quelle wurde ordentlich gefasst und führt von derselben ein Rohrstrang zu einem gemauerten Feld-Reservoir, ähnlich wie in Rachitovich (Blatt 16, Fig. 2). Durch eine Abzweigung mit Viehtränke wird den Bedürfnissen der Umgebung und der vorbeiziehenden Caravanen Rechnung getragen.

Nachdem die Einrichtung dieser zwei Wasserstationen gegenüber denen der Istrianer Bahn nichts besonderes aufweist, unterlasse ich eine besondere Beschreibung derselben.

Was die drei übrigen Stationen anlangt, für welche die Beschaffung von Wasser für einen regelmässigen Betrieb durchaus erforderlich war, so war solches sowohl in Sebenico wie in Spalato nur aus Entfernungen von 10 bis 12^{km} möglich; in Perkovič aber, der wichtigsten Station in Bezug auf Zugförderung, war überhaupt weit und breit keine Quelle, kein Bach, kein Inundations-Gebiet, nicht einmal ein auf kurze Strecken Wasser führender Wildbach vorhanden. Nichts als zerklüfteter Karstkalk, der jeden Regentropfen sofort verschluckte.

Hier blieb nichts übrig, als die Wässer des Himmels aus erster Hand zu sammeln, bevor dieselben ihren Abzug zu unterirdischen unbekannten Wasserläufen nehmen; denn mit den zwei vorhin erwähnten Wasserstationen in Dernis und Castelvechio auf 104^{km} sein Auskommen zu finden, wäre doch eine etwas zu gewagte Sache gewesen und konnte selbst der geringfügigste Verkehr sich damit nicht begnügen.

Da auch auf keiner anderen Station ein Aequivalent gefunden wurde, musste zur Anlage einer Cisterne in grossem Maassstabe

geschritten, und ein entsprechend grosses Niederschlagsgebiet zur Abfuhr des Regenwassers geeignet gemacht werden.

Die Lage der Station Perkovič, unmittelbar an einer circa 200^m hohen, vegetationslosen, ziemlich gleichmässig ansteigenden Karstlehne, kam der Anlage zu Statten.

An dieser Lehne wurde, dem Terrain in den Schichten-curven sich anschmiegend, ein Sammelgraben von circa 180^m Länge, 6^m Tiefe und durchschnittlich oben 7.5^m, unten 5^m Breite eingesprengt. (Blatt 16, Fig. 4, 5 und 6.) Dieser Graben bildet die Cisterne und ist durch das in der Mitte liegende gemeinschaftliche Filter in zwei von einander unabhängige Hälften getheilt, deren Fassungsraum zusammen 6800^{kbm} beträgt, welche Wassermenge bei dem jetzigen Verkehrsverhältnisse, selbst bei Annahme einer Verdunstung bis zu 20%, den Bedarf für 6 bis 8 Monate decken, also über die, manche Jahre vom März bis November dauernde regenlose Periode hinaus helfen wird.

Der Bedarf in Petrovič ist jetzt ein verhältnissmässig grösserer, da vorläufig weder in Sebenico noch in Spalato eine directe Wasserversorgung besteht.

Die Höhe der Sohle des erwähnten Sammelgrabens wurde, unter Berücksichtigung der zukünftigen Einschaltung eines Stations-Reservoirs, 11^m hoch über dem Stations-Plateau gewählt; vorläufig fliesst das Wasser direct von der Reinwasserkammer des Filters zu den Krahen.

Bei der Herstellung der Cisterne wurde mit der grössten Vorsicht vorgegangen, indem von der Dichtigkeit derselben der Betrieb in eminenter Weise abhängig ist.

Wo gesunde Felsen ohne Spalten vorgefunden wurden, sind dieselben nur mit einem Ueberzuge von Portland-Cement in der Dicke eines Centimeters versehen; der grössere Theil des Bassins ist jedoch mit Bruchsteinmauerwerk in hydraulischem Mörtel verkleidet, in wechselnder Stärke von 0.3^m bis zu 1.5^m in einer Partie, wo eine grössere Erdmasse den Fels durchzog und gleichzeitig gegen den Erddruck Vorsorge getroffen werden musste. Die Sohle ist durchschnittlich mit 0.4^m bis 0.5^m starkem Mauerwerk überkleidet und die ganze benetzte Fläche des Grabens mit Portland-Cement verputzt.

(Schluss folgt.)

Ueber gefährlichste Belastungen einfacher Träger.

Von

Dr. Carl Stelzel,
a. o. Professor in Graz.

(Mit Zeichnung auf Blatt Nr. 14.)

Der Zweck der folgenden Zeilen ist, im Zusammenhange alle, für die Bestimmung der Maximal-Transversalkräfte und Maximal-Momente einfacher Träger wichtigen Gesetze und Constructionen auf geometrischem Wege abzuleiten. Es ist dies bisher noch nicht geschehen. Das geometrische Verfahren hat, dem analytischen gegenüber, den Vortheil der Anschaulichkeit und deshalb der grösseren Uebersichtlichkeit; darum mag die Arbeit wohl gerechtfertigt sein. Wo dabei die Arbeiten Anderer benützt wurden, ist an den betreffenden Stellen angegeben.

Im Nachfolgenden wird:

V , die Transversalkraft, positiv/negativ genommen, wenn sie, als Resultirende der links vom Querschnitte wirkenden äusseren Kräfte, nach aufwärts/abwärts gerichtet ist; oder wenn sie, als Resultirende der rechts vom Querschnitte wirkenden äusseren Kräfte nach abwärts/aufwärts gerichtet ist;

M , das Bieugungsmoment, positiv genommen, wenn die Resultirende der links vom Querschnitte wirkenden äusseren Kräfte im Sinne der Uhrzeigerbewegung, oder wenn die Resultirende der rechts vom Querschnitte wirkenden äusseren Kräfte der Uhrzeigerbewegung entgegen zu drehen strebt.

A. Maximal-Transversalkräfte und Momente ohne Rücksicht auf Querträger.

I. Wirkung einer Einzellast.

a) Transversalkräfte *). Es sei die Lage der Einzellast so zu bestimmen, dass für den Querschnitt C (Fig. 1) die Transversalkraft den grössten Werth erhalte. Wir bestimmen für eine beliebige Lage der Last G zwischen C und B die Transversalkraft für den Querschnitt C . Für diese angenommene Lage der Last ergeben sich, mit Hilfe des Kräfte- und Seilpolygones, die Auflager-Reactionen R_a und R_b in A und B . Links von C ist nur R_a wirksam und, wie aus dem Kräftepolygone sich ergibt, nach aufwärts gerichtet; eine rechts vom Querschnitte liegende Last erzeugt also eine positive Transversalkraft. Rücken wir mit der Last G näher an den Querschnitt, aus der Lage G in die Lage G' , construiren das zugehörige Seilpolygon, wobei wir die erste Seite des früheren beibehalten, so dreht sich die Schlusslinie $A'B'$ im Sinne des Pfeiles, der Uhrzeigerbewegung entgegen, um A' in die Lage $A'B''$; eine zu dieser Schlusslinie $A'B''$ durch den Pol P gezogene Parallele Pb' wird auf der Kräftelinie ein grösseres R_a als bei der ersten Lage der Last abschneiden; R_a ist wieder die einzige, links vom Querschnitte wirkende äussere Kraft; somit können wir sagen: So lange die Last rechts vom Querschnitte liegt, ist die Transversalkraft positiv und wird um so grösser, je näher die Last dem Querschnitte liegt.

Rückt die Last über den Querschnitt nach links, so ist die Transversalkraft gleich $R_a - G$, wie aus dem Kräftepolygone sich ergibt, nach abwärts gerichtet, also negativ. Die Transversalkraft macht also, indem die Last den Querschnitt überschreitet, einen Sprung aus dem Positiven in's Negative; und nun können wir sagen: Die positive Transversalkraft erhält ihren grössten Werth, wenn die Last unmittelbar rechts neben dem Querschnitte liegt.

Für die links von C (Fig. 2) angenommene Lage der Last G ergibt sich \overline{Gb} als Transversalkraft. Rückt die Last näher an den Querschnitt, von G nach G' und construiren wir für diese Lage der Last das Seilpolygon, behalten die erste Seite des der Last G entsprechenden Seilpolygones bei, so dreht sich die Schlusslinie $A'B'$ um A' in die Lage $A'B''$, im Sinne der Uhrzeigerbewegung; eine zu dieser Schlusslinie $A'B''$ durch den Pol P gezogene Parallele schneidet ein grösseres $\overline{Gb'}$ ab; somit können

wir sagen: Die Transversalkraft ist negativ, wenn die Last links vom Querschnitte liegt, und erhält den grössten Werth, wenn die Last unmittelbar links neben dem Querschnitte liegt.

Ferner folgt aus dem bisherigen: Zieht man zu den von einer Querschnittsverticalen getroffenen Seilpolygonseiten durch den Pol P zwei parallele Strahlen, so schneiden diese auf der Kräftelinie ein Segment ab, welches der Transversalkraft für den betreffenden Querschnitt gleich ist.

Diese Transversalkraft kann man aber auch aus dem Seilpolygone erhalten. Verlängert man (Fig. 3) die erste Seilpolygonseite $A'S$ bis zu ihrem Schnittpunkte D mit der rechten PfeilervERTICALen, so ist

$$\triangle A'B'D \sim \triangle Pbo;$$

man hat daher:

$$DB' = \overline{bo} \frac{l}{B};$$

\overline{bo} ist aber die Transversalkraft für alle Querschnitte links von C , zugleich die positive Maximal-Transversalkraft für den Querschnitt unmittelbar links von C ; DB' und $A'A' = o$ sind die Segmente, welche die von der Querschnittsverticalen getroffenen Seilpolygonseiten auf den PfeilervERTICALen abschneiden; für $B = l$ wird

$$DB' - A'A' = DB' = bo.$$

Entsprechende Bemerkungen gelten für Querschnitte rechts von C . Somit kann man sagen: Es ist die Differenz der Segmente, welche die von einer beliebigen Querschnittsverticalen getroffenen Seilpolygonseiten auf den PfeilervERTICALen abschneiden, der Transversalkraft für den betreffenden Querschnitt proportional und, wenn die Poldistanz B gleich der Spannweite l genommen wird, der Transversalkraft gleich.

Dieser Satz, sowie die sich hieraus ergebende Construction der Curve der Maximal-Transversalkräfte für ein Einzellasten-System wurde zuerst von Professor Dr. E. Winkler angegeben. („Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines.“ 1870. Heft II.)

Da zufolge der Construction

$$\triangle SB'D \sim \triangle PG o, \text{ so:}$$

$$DB' = G \frac{\xi}{B} = \overline{bo} \frac{l}{B} = R_a \frac{l}{B};$$

also:

$$R_a = G \frac{\xi}{l},$$

wodurch der numerische Werth der Auflager-Reaction bestimmt ist.

Trägt man an jeder Stelle die zugehörige positive Maximal-Transversalkraft als Ordinate auf, so ergibt sich als Curve der positiven Maximal-Transversalkräfte eine Gerade.

Für die Lage G' (Fig. 3) der Last im Abstände ξ' von der rechten Stütze ist die positive Maximal-Transversalkraft V' durch DB'' gegeben, für eine beliebige andere Lage G durch DB' .

Da zufolge der Construction

$$\triangle SDB' \sim \triangle S'DB'', \text{ so:}$$

$$DB' : DB'' = V : V' = \xi : \xi',$$

daher

$$V = \left(\frac{V'}{\xi'} \right) \xi.$$

*) Siehe L. Tetmajer: „Die äusseren und inneren Kräfte an statisch bestimmten Brücken und Dachstuhl-Constructionen“. Zürich 1875.

d. i. die Gleichung der Geraden, die durch die früher gefundene Gleichung

$$R_a = G \frac{\xi}{l}$$

bestimmt ist (Fig. 3 a).

b) Momente. Liegt die Last rechts vom fraglichen Querschnitte C' (Fig. 4), so ist R_a die einzige links vom Querschnitte wirkende äussere Kraft; sie ist nach aufwärts gerichtet, ihr Angriffspunct liegt in der linken Pfeilerverticalen; das Moment in C' ist daher positiv. Liegt die Last links vom fraglichen Querschnitte C' , so ist $R_a = G$, die Resultirende aller links vom Querschnitte wirkenden äusseren Kräfte, nach abwärts gerichtet; ihr Angriffspunct liegt in der rechten Pfeilerverticalen, das Moment ist also wieder positiv.

Jede Last erzeugt also in jedem Querschnitte ein positives Moment.

Das Moment in einem beliebigen Querschnitte C' (Fig. 4) ist proportional dem Segmente $m'n'$, welches das Seilpolygon auf der Querschnittsverticalen abschneidet. Da

$$\Delta A' m' n' \sim \Delta A' B' D,$$

so ist $m'n'$ der Strecke $B'D$, somit der Transversalkraft proportional; es wächst daher mit Annäherung der Last an den Querschnitt; daraus folgt:

Eine Einzellast erzeugt in einem gegebenen Querschnitte das grösste Moment, wenn sie am Querschnitte liegt.

Trägt man an jeder Stelle das auf die Poldistanz als Momentenbasis reducirte Maximalmoment als Ordinate auf, so ergibt sich als Maximal-Momentencurve eine Parabel.

Für den Querschnitt C ist das Moment M gegeben durch:

$$M = m S \times B = y B;$$

nun ist

$$\Delta A' m S \sim \Delta A' B' D;$$

somit

$$y = \frac{x}{l} B' D.$$

Setzt man hierin:

$$B' D = \frac{\xi}{B} G = \frac{l-x}{B} G,$$

so erhält man:

$$y = \frac{M}{B} = \frac{x(l-x)}{lB} G;$$

für $x = \frac{l}{2}$ wird die Ordinate in der Mitte $y_1 = \frac{1}{4} \frac{l}{B} G$, und somit kann die Parabel mit Hilfe der Tangenten in A und B construirt werden (Fig. 4 a).

II. Wirkung einer beweglichen, gleichmässig vertheilten Last.

a) Transversalkräfte. Eine Einzellast hat, je nachdem sie links oder rechts vom fraglichen Querschnitte liegt, eine positive oder negative Transversalkraft zur Folge; die grösste positive Transversalkraft wird daher für einen Querschnitt auftreten, wenn soviel als möglich Lasten rechts vom Querschnitte liegen; daher unter Annahme einer gleichmässig vertheilten Belastung der Theil des Trägers rechts vom Querschnitte total belastet ist.

Die Curve der positiven Maximal-Transversalkräfte ist in diesem Falle eine Parabel mit verticaler Achse, mit dem Scheitel in B (Fig. 5 a).

Für den Querschnitt C (Fig. 5) ist die Transversalkraft durch $B'D$ gegeben, für den Querschnitt C' , der um $2d\xi$ links liegt, durch $B''D$. Zieht man

$$S'E \parallel SB', \text{ so } \Delta S'DE \sim \Delta SDB';$$

daher

$$DB' : B'E = \xi : d\xi;$$

oder da

$$B'E = EB'' = \frac{1}{2} B'B''$$

und $B'B''$ der Zunahme dV der Transversalkraft entspricht, wenn man vom Querschnitte C auf C' übergeht, so hat man:

$$DB' : \frac{1}{2} B'B'' = V : \frac{1}{2} dV = \xi : d\xi,$$

$$\frac{dV}{V} = \frac{2d\xi}{\xi},$$

woraus

$$V = C\xi^2.$$

Die Constante C ist bestimmt durch die Bedingung, dass, für

$$\xi = l, V = \frac{1}{2} ql$$

wird, wenn q die Last per Längeneinheit bezeichnet; damit findet man

$$C = \frac{1}{2} \frac{q}{l} \text{ und } V = \frac{1}{2} \frac{q\xi^2}{l}.$$

Als Curve der negativen Maximal-Transversalkräfte ergibt sich dieselbe Parabel, nur um 180° verdreht (Fig. 5 a).

b) Momente. Da jede Last in jedem Querschnitte des Trägers ein positives Moment zur Folge hat, so tritt in jedem Querschnitte des Trägers das grösste (positive) Moment bei totaler Belastung des Trägers auf. Für alle Querschnitte ist sonach die gefährlichste Belastung dieselbe; daher kann als Maximal-Momentencurve das Seilpolygon (hier Seilcurve) genommen werden, wenn von der Schlusslinie des Seilpolygons die Ordinaten, welche die Maximalmomente, auf die Poldistanz als Momentenbasis reducirt, darstellen, in verticaler Richtung gemessen werden. Es handelt sich in diesem Falle um die Gestalt, d. i. die Gleichung der Seilcurve.

Wir nehmen den allgemeinen Fall: Es sei $y = f(x)$ die Gleichung der Belastungcurve; die Gleichung der Seilcurve beziehen wir auf ein rechtwinkliges Achsensystem x, η (Fig. 6), dessen Abscissenachse horizontal ist. Den Pol im Kräftepolygone nehmen wir in der durch den Anfangspunct o zur Kräftelinie senkrecht gezogenen Geraden oP ; die Poldistanz oP sei B . Dann ist der Neigungswinkel ν der Tangente im Puncte x, η der Seilcurve gegen die x -Achse gegeben durch:

$$\text{tang } \nu = \frac{d\eta}{dx} = \frac{1}{B} \int_0^x f(x) dx.$$

Hieraus ergibt sich, wenn für $x = 0$ auch $\eta = 0$ angenommen wird:

$$\eta = \frac{1}{B} \int_0^x dx \int_0^x f(x) dx,$$

als allgemeine Gleichung der Seilcurve für ein gegebenes Belastungsgesetz.

Für eine gleichmässige Belastung p per Längeneinheit ist $f(x) = p$; daher

$$\eta = \frac{p x^2}{2 B};$$

die Seilcurve ist also eine Parabel.

Für $x = l$ wird

$$\eta = \frac{p l^2}{2 B};$$

damit findet man als Gleichung der Schlusslinie des Seilpolygones, auf $\eta A' x$ bezogen:

$$\eta = \frac{p l}{2 B} x;$$

und schliesslich als Gleichung der Maximal-Momentencurve, wenn die Ordinaten von der Schlusslinie des Seilpolygones gemessen werden:

$$\eta = \frac{p x}{2 B} (l - x).$$

Legt man die Schlusslinie horizontal, so ergibt sich Fig. 6 a.

III. Wirkung eines Einzellasten-Systemes.

a) Transversalkräfte. Um für einen gegebenen Querschnitt C (Fig. 7) und eine gegebene Stellung des Einzellasten-Systemes die Transversalkraft zu finden, ziehen wir durch den Pol P zu den von der Querschnittsverticalen getroffenen Seilpolygonseiten $A' B'$ und III, IV zwei parallele Strahlen $P b$ und $P 3$. Das Segment $b 3$ gibt die Transversalkraft der Grösse und Richtung nach.

Aus dem Seilpolygone erhält man die Transversalkraft, wenn man beachtet, dass die Differenz der Segmente, welche die von der Querschnittsverticalen getroffenen Seilpolygonseiten auf den Pfeilervverticalen abschneiden, der Transversalkraft proportional ist.

Zieht man $A' D \parallel III IV$, so ist diese Differenz

$$B' D = B' IV' - A' III',$$

und da zufolge Construction

$$\Delta A' B' D \sim \Delta P b 3,$$

so:

$$B' D = \overline{b 3} \cdot \frac{l}{B}.$$

Für $B = l$ gibt diese Differenz direct die Transversalkraft.

Verschiebt man das ganze System, ohne dass eine Last eine der Stützen oder den Querschnitt überschreitet, so ist die Curve der Transversalkräfte für diesen Querschnitt eine Gerade. Es folgt dies schon aus dem unter I a Gesagten, ergibt sich aber auch z. B. auf folgende Art:

Verschiebt man das ganze System nach rechts oder links, so wird die Resultirende aller Lasten, die immer durch den Schnittpunkt der äussersten Seilpolygonseiten hindurchgeht, um gleichviel nach rechts oder links verschoben.

Die Schlusslinie $A' B''$ (Fig. 7) des der zweiten Stellung des Systemes entsprechenden Seilpolygones lässt sich daher leicht zeichnen, wenn man die erste Seite des zur ersten Stellung gehörigen Seilpolygones beibehält. Verlängert man $A' I$ bis zum Schnitte E mit der rechten Pfeilervverticalen, so folgt aus der Ähnlichkeit der Dreiecke ESB' und $ES'B''$:

$$EB' : EB'' = \xi : \xi',$$

$$(ED + DB') : (ED - DB'') = \xi : \xi' = \\ = \left(ED + V \frac{l}{B}\right) : \left(ED - V' \frac{l}{B}\right),$$

worin V und V' die den beiden Stellungen des Systemes entsprechenden Transversalkräfte für den fraglichen Querschnitt sind.

Setzt man

$$G_1 + G_2 + G_3 = G,$$

und berücksichtigt, dass

$$ED = \frac{l}{B} \cdot G,$$

so erhält man:

$$V = (-V' + G) \frac{\xi}{\xi'} - G,$$

d. i. die Gleichung einer Geraden.

Hieraus folgt:

Zwischen zwei Querschnitten, für welche sich auf dem Träger und auf beiden Seiten derselben dieselben Lasten befinden, ist die Curve der Transversalkräfte eine Gerade. Die grösste Transversalkraft tritt daher für einen gegebenen Querschnitt auf, wenn eine Last an demselben liegt.

Es handelt sich, zu untersuchen, welche? Da eine Einzellast, je nachdem sie rechts oder links vom Querschnitte liegt, eine positive oder negative Transversalkraft zur Folge hat, so hat es den Anschein, als ob für die grösste positive Transversalkraft nur rechts vom Querschnitte Lasten liegen dürften. Dazu bemerke man Folgendes:

Es sei V die Transversalkraft, wenn nur rechts vom Querschnitte Lasten liegen, dabei die erste unmittelbar rechts vom Querschnitte. Verschiebt man das System nach links, wobei auch neue Lasten auf den Träger rücken können und die unmittelbar rechts vom Querschnitte liegende Last G den Querschnitt überschreitet, so wird die Stützenreaction R_2 und dadurch V vergrössert, andererseits aber durch die über den Querschnitt geschrittene Last G die Transversalkraft verkleinert.

Es ist nun gewiss möglich, dass durch das Verschieben des Systemes nach links der Stützendruck um mehr als G zunimmt; in diesem Falle wird die grössere Transversalkraft auftreten, wenn die zweite Last am Querschnitte liegt.

Ein Kennzeichen hiefür aufzustellen, sei:

V die Transversalkraft, wenn nur rechts vom fraglichen Querschnitte Lasten liegen, die erste unmittelbar rechts vom Querschnitte;

G die unmittelbar rechts vom Querschnitte liegende Last, die, beim Verschieben des Systemes nach links, den Querschnitt überschreitet, β ihr Abstand von der rechten Stütze;

G_r die Resultirende aller übrigen auf dem Träger befindlichen Lasten, β_r ihr Abstand von der rechten Stütze;

e die Entfernung der Last G von der ersten der Lasten, aus welchen sich G_r zusammensetzt;

V' die Transversalkraft, wenn die Last G den Querschnitt überschritten hat und die erste Last von G_r am Querschnitte liegt;

R die Resultirende der Kräfte, welche in Folge des Verschiebens des Systemes nach links, neu auf den Träger rücken, r ihr Abstand von der rechten Stütze; dann ist:

$$V = \frac{\beta}{l} G + \frac{\beta_r}{l} G_r$$

und

$$V' = \frac{\beta + e}{l} G + \frac{\beta_r + e}{l} G_r + \frac{r}{l} R - G,$$

daher

$$V \geq V', \text{ je nachdem } G \geq \frac{e G_r + r R}{l - e}.$$

Mit Hilfe dieser Formel kann man leicht entscheiden, ob die erste oder zweite Last an einem gegebenen Querschnitte liegen muss, damit für denselben die positive Transversalkraft so gross als möglich werde; auch kann man leicht den Querschnitt finden, von dem an die zweite Last die grössere Transversalkraft zur Folge hat.

So ergibt sich als Curve der positiven Maximal-Transversalkräfte für einen Träger von 3^m Spannweite, wenn man als Einzellasten-System eine Sigl'sche Maschine:

$$\begin{array}{ccccccc} G_1 & G_2 & G_3 & G_4 & G_5 & G_6 & G_7 \\ \downarrow \leftarrow 1.3^m \rightarrow \downarrow \leftarrow 1.15^m \rightarrow \downarrow \leftarrow 1.3^m \rightarrow \downarrow \leftarrow 1.43^m \rightarrow \downarrow \leftarrow 1.58^m \rightarrow \downarrow \leftarrow 1.58^m \rightarrow \downarrow \\ 12^T & 12^T & 12^T & 12^T & 10 & 10 & 10 \text{ Tonnen} \end{array}$$

nimmt, die in Fig. 8 dargestellte. Von *B* bis *C* muss die erste *G*₁, von *C* bis *A* die zweite Last *G*₂ am Querschnitte liegen.

Es kann auch der Fall eintreten, dass an einem Querschnitte die grössere Transversalkraft dann auftritt, wenn die zweite Last am Querschnitte liegt, während die erste den Träger schon verlassen hat.

Ein Kennzeichen dafür zu finden, behalten wir die obigen Bezeichnungen bei; *G* ist, wenn die zweite Last am Querschnitte liegt, über die Stütze *A* gerückt; dann ist:

$$V = \frac{\beta}{l} G + \frac{\beta_r}{l} G_r; \quad V' = \frac{\beta_r + e}{l} + \frac{r}{l} R;$$

$$V \geq V', \text{ wenn } G \geq \frac{e G_r + r R}{\beta}.$$

Damit kann man wieder entscheiden, ob die erste oder zweite Last am fraglichen Querschnitte liegen muss, sowie den Querschnitt finden, von dem an die zweite Last die grössere Transversalkraft zur Folge hat. Für einen Träger von 2.5^m Spannweite und das obige Lastensystem findet man die in Fig. 9 dargestellte Curve der Maximal-Transversalkräfte. Von *B* bis *C* muss die erste, von *C* bis *A* die zweite Last am Querschnitte liegen.

Dass eine grössere Transversalkraft auftreten kann, wenn die zweite Last am fraglichen Querschnitte liegt, hat zuerst Professor Dr. E. Winkler angedeutet. „Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines.“ 1870.

Uebersichtlicher führt das graphische Verfahren zum Ziel.

Wir bestimmen zunächst für einen gegebenen Querschnitt die Transversalkraft unter der Voraussetzung, dass die erste Last am Querschnitte liegt.

Die Spannweite sei *l*; die Entfernung des fraglichen Querschnittes von der linken Stütze sei *x*, die Poldistanz gleich der Spannweite, also *B* = *l*; den Pol *P* des Kräftepolygones nehmen wir in der durch den Anfangspunct *o* zur Kräftelinie Senkrechten.

Die Transversalkraft für den fraglichen Querschnitt zu bestimmen, construiren wir, diesen Annahmen entsprechend, das Seilpolygon *O I II III IV V VI* (Fig. 10) und bestimmen auf *O I* einen Punct *A'*, der von der ersten Last *G*₁ den Horizontal-

Abstand *x* hat, sowie auf dem Seilpolygone einen zweiten Punct *B'*, dessen Horizontal-Abstand von *G*₁ gleich *l* — *x* ist; ziehen wir nun durch *B'* eine Parallele zur Krafrichtung, und ist *D* der Schnittpunct dieser Parallelen mit *O I*, so gibt *B' D* direct die Transversalkraft. Denkt man sich das Seilpolygon um die zur Krafrichtung Parallele *Y H*, wobei *I H* = *H D*, um 180° gedreht, in die Lage *I' II' III' IV' V' VI'*, so erhält man die gesuchte Transversalkraft als Ordinate am fraglichen Querschnitte. Dies letzte Seilpolygon kann man aber leicht construiren mit Hilfe des Kräftepolygones *O 1' 2' 3' 4' 5' 6'*, das aus dem ersten durch Drehung um *o P* entsteht. — Hieraus ergibt sich die Construction der Curve der Maximal-Transversalkräfte, wenn die erste Last am Querschnitte liegt (Fig. 11). Diese Construction rührt, wie schon früher angegeben, von Professor Dr. E. Winkler her.

Für den Querschnitt *C* (Fig. 11) ist, wenn die erste Last *G*₁ an demselben liegt, die Transversalkraft durch *C E* gegeben. Liegt die zweite Last *G*₂ an *C*, so liegt *G*₁ um die Entfernung *e*, der ersten von der zweiten Last näher an *A*; die Transversalkraft für den Querschnitt *C* ist dann gleich der Transversalkraft für den Querschnitt *C'* weniger *G*₁, d. i. *C' E' — O I' = F E'*, wenn *1' F* || *A B*.

Somit kann man leicht angeben, ob die erste oder zweite Last an einem gegebenen Querschnitte liegen muss, damit für denselben die Transversalkraft am grössten werde. Den Querschnitt zu finden, von dem an die zweite Last die grössere Transversalkraft zur Folge hat, sowie für die Construction der Curve der Maximal-Transversalkräfte dürfte es am besten sein, ausser der oben gezeichneten Curve noch die Curve der Transversalkräfte zu construiren, wenn die zweite Last am Querschnitte liegend angenommen wird.

Wir nehmen das oben skizzirte Einzellasten-System und einen Träger von 3^m Spannweite. Liegt die erste Last *G*₁ am Querschnitte, so ist *B D E F* (Fig. 12) die Curve der Transversalkräfte. Liegt die zweite Last am Querschnitte und denkt man sich *G*₁ nicht vorhanden, so ergibt sich in gleicher Weise *B D' E' F'* als Curve der Transversalkräfte. Construirt man nun noch die Curve *J B'* der Transversalkräfte, welche die erste Last *G*₁ an den Querschnitten, an welchen *G*₂ liegt, zur Folge hat — (indem man beachtet, dass diese Transversalkraft Null ist, wenn *G*₂ in *J* sich befindet, und dass diese Transversalkraft durch *K D* = *B B'* gegeben ist, wenn *G*₂ in *B* liegt) — so ergibt sich *B' M N O E' F'* als Curve der Transversalkräfte, wenn die zweite Last am Querschnitte liegt.

Der Schnittpunct *N* dieser Linie mit *B D E F* bestimmt den Punct *C*, von dem an die zweite Last am Querschnitte liegen muss. Im vorliegenden Falle ist also *B D N O E' F'* die Curve der positiven Maximal-Transversalkräfte.

Auf diese Weise ist die Bestimmung der Curve der Maximal-Transversalkräfte wohl übersichtlicher und einfacher als auf analytischem Wege.

b) Momente. Für einen beliebigen Querschnitt *C* (Fig. 13) ist, bei einer bestimmten Stellung des Einzellasten-Systemes, das Moment *M* durch das Segment *m n* gegeben, welches das Seilpolygon auf der Querschnittsverticalen abschneidet. Dass grösste Moment findet sich an der Ecke *III* des Seilpolygones, welche in verticaler Richtung am weitesten von der Schlusslinie *A' B'* absteht, an derjenigen Ecke also, durch welche eine Parallele zur Schlusslinie

das Seilpolygon berührt. Der gefährliche Querschnitt liegt daher unter einer Last, und zwar, wie aus dem Kräftepolygone ersichtlich ist, unter derjenigen Last, welche sich in zwei Theile so zerlegen lässt, dass der eine Theil mit den Lasten links vereinigt R_a (die Auflager-Reaction links), der andere mit den Lasten rechts vereinigt R_b gibt. An diesem Querschnitte wechselt die Transversalkraft das Zeichen.

Denkt man sich nun die Lasten links und rechts von C durch ihre Resultirenden G und G_r ersetzt und verschiebt man das ganze System um $\Delta \xi$ nach links, ohne dass eine Last eine der Stützen oder den Querschnitt überschreitet, so ändert sich (Fig. 14) das Moment M in C um ΔM :

$\Delta M = (m' n' - m n) B = (m' m - n' n) B$, wenn $m' n'$ und $m n$ die Segmente sind, welche die der zweiten und ersten Lage des Einzellasten-Systemes entsprechenden Seilpolygone $A' S' S_r B''$ und $A' S S_r B'$ auf der Querschnitts-verticalen abschneiden.

Sind L und M die Punkte, in welchen $G S$ und $G_r S_r$ von $S' S_r$ und $S_r B''$ geschnitten werden, so ist

$$\Delta S' S L \propto \Delta P O G$$

(im Kräftepolygone) und

$$\Delta A' m' m \propto \Delta P b b;$$

daher:

$$m' m = \frac{x}{B} \Delta R_a \text{ und } L S = n' n = \frac{G}{B} \Delta \xi.$$

Verlängert man $A' S$ und $S S_r$ bis H und D , so ist, da

$$\Delta A' B' H \propto \Delta P b o:$$

$$B' H = B' D + D H = \frac{l}{B} R_a.$$

Da nun

$$\Delta B' S_r D \propto G_r P G$$

und

$$\Delta S D H \propto \Delta P G o, \text{ so:}$$

$$B' D = \frac{\xi_r}{B} G_r \text{ und } D H = \frac{\xi}{B} G;$$

damit erhält man:

$$R_a = \frac{G \xi + G_r \xi_r}{l}.$$

Ebenso findet man für die zweite Stellung des Systemes:

$$R'_a = \frac{G (\xi + \Delta \xi) + G_r (\xi_r + \Delta \xi_r)}{l};$$

daher

$$\Delta R_a = \frac{G + G_r}{l} \Delta \xi$$

und

$$m' m = \frac{x}{l} \cdot \frac{G + G_r}{B} \cdot \Delta \xi.$$

Ohne R_a zu bestimmen, kann man $m' m$ auf folgende Weise finden: Es ist nämlich

$$\Delta A' m' m \propto \Delta A' B'' B';$$

$$B' B'' = S_r M \text{ und } \Delta S_r S_r M \propto \Delta P o G_r;$$

daher hat man:

$$m' m = \frac{x}{l} B' B'' = \frac{x}{l} \frac{G + G_r}{B} \Delta \xi.$$

Damit wird:

$$\Delta M = \left(\frac{G + G_r}{l} - \frac{G}{x} \right) x \Delta \xi;$$

und es ist:

$$\Delta M \gtrless 0, \text{ je nachdem } \frac{G + G_r}{l} - \frac{G}{x} \gtrless 0.$$

Ist nun, für eine bestimmte Stellung des Einzellasten-Systemes und für einen bestimmten Querschnitt,

$$\frac{G + G_r}{l} - \frac{G}{x} > 0$$

oder

$$\frac{G_r}{l - x} - \frac{G}{x} > 0,$$

und verschiebt man das System nach links, ohne dass eine Last den fraglichen Querschnitt oder eine der Stützen überschreitet, so wächst das Moment; rückt eine Last über eine der Stützen, so wird dadurch G_r grösser, G kleiner und es ist umso mehr

$$\frac{G_r}{l - x} - \frac{G}{x} > 0;$$

nur wenn eine Last den fraglichen Querschnitt überschreitet, kann, beim Verschieben des Systemes nach links, der Ausdruck

$$\frac{G_r}{l - x} - \frac{G}{x}$$

sein Zeichen ändern. Ebenso: Ist für eine bestimmte Stellung des Einzellasten-Systemes und einen bestimmten Querschnitt

$$\frac{G + G_r}{l} - \frac{G}{x} < 0$$

oder

$$\frac{G_r}{l - x} - \frac{G}{x} < 0,$$

und verschiebt man das System nach rechts, ohne dass eine Last den fraglichen Querschnitt überschreitet, so wächst das Moment; bei diesem Verschieben nach rechts kann der Ausdruck

$$\frac{G_r}{l - x} - \frac{G}{x}$$

sein Zeichen nur dann ändern, wenn eine Last den fraglichen Querschnitt überschreitet. Hieraus folgt:

Damit an einem gegebenen Querschnitte das grösste Moment auftrete, muss die Last am Querschnitte liegen, für welche der Ausdruck

$$\frac{G + G_r}{l} - \frac{G}{x}$$

sein Zeichen ändert; zu beiden Seiten des Querschnittes müssen die Lasten per Längeneinheit so viel als möglich gleich sein. Dieses Gesetz hat zuerst Schäffer auf analytischem Wege gefunden. Erbkam's Bauzeitung. 1870.

Mit Hilfe dieses Satzes kann man durch Rechnung das grösste Moment für einen gegebenen Querschnitt finden, sowie, in Verbindung mit dem früher angegebenen, das absolut grösste Moment bestimmen.

Graphisch löst man diese Aufgaben am einfachsten durch Versuche.

Für einen gegebenen Querschnitt das grösste Moment zu finden, bestimme man (wie aus dem unter III a gesagten sich ergibt) die Momente, wenn verschiedene Lasten am fraglichen Querschnitte liegen.

Das absolut grösste Moment, sowie den Querschnitt, an welchem es auftritt, zu finden, denke man sich die Last g , welche am gesuchten Querschnitte C liegen muss, gefunden. Verschiebt man das System, ohne dass Lasten auf den Träger rücken oder denselben verlassen, und trägt man an jeder Stelle der Last g das auf die Poldistanz als Momentenbasis reducirte Moment als Ordinate auf, so erhält man eine Parabel, deren Gleichung sich auf folgende Art ergibt:

Für die angenommene Stellung des Systemes (Fig. 15) ist das Moment durch das Segment $mn = y$ gegeben. Zieht man $A'D \parallel SS_r$, so ist

$$A'E = S_1 S = \mu n = D'D,$$

daher:

$$mn = m\mu + \mu n = \frac{B'D - D'D}{l} x + S_1 S;$$

hierin ist

$$B'D = \frac{\xi_r}{B} G_r$$

und

$$D'D = S_1 S = \frac{\xi'}{B} G;$$

somit:

$$mn = y = \frac{G_r \xi_r - G \xi'}{B l} x + \frac{\xi'}{B} G.$$

Sind nun ε und ε_r die unveränderlichen Entfernungen der Lasten G und G_r von der Last g (welche man unmittelbar rechts oder links vom fraglichen Querschnitte C liegend und dementsprechend zu G_r oder G gehörig annehmen kann), so ist $\xi' = x - \varepsilon$ und $\xi_r = l - x - \varepsilon_r$, wenn x die Entfernung der Last g von A bezeichnet. Damit ergibt sich als die gesuchte Gleichung:

$$y = -\frac{G}{B} \varepsilon + \frac{G_r(l - \varepsilon_r) + G(l + \varepsilon)}{B l} x - \frac{G + G_r}{B l} x^2.$$

Das grösste y , also das grösste Moment, ergibt sich hieraus für:

$$x = \frac{l}{2} + \frac{G\varepsilon - G_r\varepsilon_r}{2(G + G_r)};$$

hierin bedeutet $G\varepsilon - G_r\varepsilon_r$ das Moment aller auf dem Träger befindlichen Lasten um den Punkt C , an dem die Last g liegt.

Ist R_1 die Resultirende aller dieser Lasten, r_1 ihr Abstand von g , so hat man:

$$R_1 r_1 = (G + G_r) r_1 = G\varepsilon - G_r\varepsilon_r;$$

daher

$$x = \frac{l}{2} + \frac{r_1}{2},$$

d. h. die Mitte des Trägers ist von der Resultirenden aller auf dem Träger befindlichen Lasten und von der Last, unter welcher das grösste Moment auftritt, gleich weit entfernt.

Dieses Gesetz wurde von Culmann aufgestellt. — Culmann: Die Graphische Statik, I. Auflage. 1866.

Und hiernach lässt sich graphisch, durch Versuche, das absolut grösste Moment finden.

B. Maximal-Transversalkräfte und Momente mit Rücksicht auf Querträger.

Die Querträger nehmen wir durch einfache Längsträger, auf welche direct die Belastung wirkt, mit einander verbunden an; dann sind die Drücke, welche die Querträger aufzunehmen haben, statisch bestimmt.

Die Entfernung zweier Querträger, d. i. die Länge eines Feldes, sei d .

IV. Wirkung einer Einzellast.

a) Transversalkräfte. Man bestimme zunächst für irgend einen Querschnitt C im Felde FE (Fig. 16) die Transversalkraft V , wenn die Last G im Felde FE liegt. Ist R_a die Auflager-Reaction in A , R_f die von der Last G auf den Querträger F entfallende Componente, so ist;

$$V = R_a - R_f;$$

worin nach Früherem:

$$R_a = \frac{B}{l} \cdot B'D.$$

Zieht man durch F und E Verticalen, welche $A'S$ und SB' in F' und E' schneiden, und durch den Pol P des Kräftepolygons eine Parallele zu $F'E'$, so erhält man die Drücke in F und E ; es ist:

$$R_f = E'H \frac{B}{d},$$

wenn H der Schnittpunkt der Geraden $A'S$ mit der Verticalen durch E ist. Setzt man diese Werthe von R_a und R_f in die Gleichung für V , so erhält man:

$$V = \left(\frac{B'D}{l} - \frac{E'H}{d} \right) B,$$

daher:

$$V \gtrless 0, \text{ je nachdem } \frac{B'D}{E'H} \gtrless \frac{l}{d}.$$

Wegen der Aehnlichkeit der Dreiecke $SE'H$ und $SB'D$ ist:

$$\frac{B'D}{E'H} = \frac{x_2 + \xi_2}{\xi_2},$$

wenn x_2 den Abstand des Querträgers E von der rechten Stütze und ξ_2 die Entfernung der Last vom Querträger E bezeichnet. Somit hat man:

$$V \gtrless 0, \text{ je nachdem } \frac{x_2 + \xi_2}{\xi_2} \gtrless \frac{l}{d}.$$

Die Lage der Last, bei welcher für jeden Querschnitt eines gegebenen Feldes die Transversalkraft Null wird, ergibt sich hiernach auf folgende Art:

Man ziehe (Fig. 16 a) $AM \parallel BN$; sind nun H und J die Schnittpunkte der durch F und E gezogenen Verticalen mit AN und BM , so schneidet HJ die Horizontale AB im gesuchten Punkte O . Eine zweite Construction ist in der Figur angedeutet.

Für alle Querschnitte eines Feldes ist somit die Transversalkraft grösser oder kleiner als Null, je nachdem die Last rechts oder links vom Punkte O des fraglichen Feldes liegt. Die Transversalkraft ändert also das Zeichen, während eine Einzellast sich über das fragliche Feld bewegt. In Verbindung mit dem unter Ia Gesagten folgt hieraus:

Für alle Querschnitte eines bestimmten Feldes tritt die grösste positive oder negative Transversalkraft auf, je nachdem die Last am rechten oder linken Querträger des fraglichen Feldes liegt.

Die Curve der Maximal-Transversalkräfte in diesem Falle ergibt sich aus der, welche den Maximal-Transversalkräften ohne Rücksicht auf Querträger entspricht, wie aus Fig. 17 ersichtlich.

b) Momente. Für den Querschnitt C (Fig. 16) ist, ohne Rücksicht auf Querträger, das Moment gegeben durch das Segment mn , welches die betreffenden Seilpolygonseiten auf der Querschnittsverticalen abschneiden; vermindert man dieses Moment um das Moment von R_f um C , welches durch $m'n$ dargestellt wird, so ergibt sich mm' als das Moment M für den Querschnitt C mit Rücksicht auf Querträger; also:

$$M = (mn - m'n) B = mm'.B.$$

Somit kann man sagen:

In den Feldern, in welchen Lasten liegen, sind, mit Rücksicht auf Querträger, die Momente

kleiner, in den übrigen Feldern und an Querträgern eben so gross, als ohne Rücksicht auf Querträger.

Rückt man die Last G um $\Delta \xi$ nach links, so nehmen $m n$ und $m' n$ um $\Delta m n$ und $\Delta m' n$ zu; und zwar ist, wie sich leicht ergibt:

$$\Delta m n = \frac{x_1 + \xi_1}{l} \cdot \frac{B' D}{x_2 + \xi_2} \Delta \xi; \quad \Delta m' n = \frac{\xi_1}{d} \cdot \frac{E' H}{\xi_2} \Delta \xi,$$

wenn x_1 die Entfernung des linken Querträgers des fraglichen Feldes von A , und ξ_1 die Entfernung des Querschnittes C von diesem Querträger bezeichnet. Die Aenderung ΔM , welche das Moment M durch dieses Verschieben der Last G nach links erleidet, ist somit:

$$\begin{aligned} \Delta M &= (\Delta m n - \Delta m' n) B = \\ &= \left(\frac{x_1 + \xi_1}{l} - \frac{\xi_1}{d} \right) G \Delta \xi, \text{ da} \\ \frac{B' D}{x_2 + \xi_2} &= \frac{E' H}{\xi_2} = \frac{G}{B}. \end{aligned}$$

Für ein bestimmtes Feld, also für gegebene Werthe von ξ_1 und x_1 , und für jedes mögliche ξ_2 , ($\xi_2 > 0$ und $\xi_2 < d$) ist immer:

$$\Delta M = 0, \text{ wenn } \frac{x_1 + \xi_1}{l} - \frac{\xi_1}{d} = 0;$$

d. h. für denjenigen Querschnitt O eines Feldes, an welchem eine Einzellast liegen muss, damit die Transversalkraft für alle Querschnitte des Feldes Null wird, ist die Grösse des Momentes von der Lage der Last im fraglichen Felde unabhängig.

Ist

$$\frac{x_1 + \xi_1}{l} > \frac{\xi_1}{d},$$

d. i. für alle Querschnitte des fraglichen Feldes links von O , wächst M mit ξ_2 ; in Verbindung mit dem unter I b Gesagten folgt hieraus: Für alle Querschnitte links vom Punkte O eines Feldes ist das Moment am grössten, wenn die Last am linken Querträger des fraglichen Feldes liegt; für alle Querschnitte zwischen dem Punkte O und dem rechten Querträger eines Feldes wird das Moment am grössten, wenn die Last am rechten Querträger des fraglichen Feldes liegt. Die Curve der Maximalmomente lässt sich sonach leicht zeichnen.

V. Wirkung einer beweglichen, gleichmässig vertheilten Last.

a) Transversalkräfte. Eine Einzellast erzeugt für jeden Querschnitt eines Feldes eine positive oder negative Transversalkraft, je nachdem sie rechts oder links vom Punkte O des fraglichen Feldes liegt. Die grösste positive Transversalkraft für irgend einen Querschnitt eines Feldes durch eine gleichmässig vertheilte Belastung wird daher dann auftreten, wenn der rechte Theil des Trägers, vom Punkte O des fraglichen Feldes an, total belastet ist. Construiert man ohne Rücksicht auf Querträger die Curve der Maximal-Transversalkräfte für den ganzen Träger, so wie für jedes einzelne Feld, und sind $a b'$ und $a b$ die Ordinaten dieser Curven im Punkte O des fraglichen Feldes $F E$, so ist

$$a b' - a b = b b' = a a'$$

die positive Maximal-Transversalkraft für das betreffende Feld mit Rücksicht auf Querträger. Die Curve der positiven Maximal-Transversalkräfte ergibt sich hiernach, wie in Fig. 17, wenn $q l$ die totale Belastung ist.

b) Momente. Jede Einzellast hat in jedem Querschnitt ein positives Moment zur Folge. In jedem Querschnitt tritt daher das grösste (positive) Moment bei totaler Belastung des Trägers auf.

Ohne Rücksicht auf Querträger ist die Maximal-Momenten-curve eine Parabel, mit Rücksicht auf Querträger ein dieser Parabel eingeschriebenes Polygon, dessen Ecken die Querträger-Verticalen bestimmen. Dies folgt aus IV b. An den Stellen, wo Querträger liegen, stellen sich, mit Rücksicht auf dieselben, die Momente ebenso gross, an allen übrigen Stellen kleiner heraus, als ohne Rücksicht auf Querträger. Fig. 18.

VI. Wirkung eines Einzellasten-Systems.

a) Transversalkräfte. Für alle Querschnitte eines Feldes ist, so lange sich dieselben Lasten im fraglichen Felde und auf dem Träger befinden, die Curve der Transversalkräfte eine Gerade. Dies folgt aus III a mit Rücksicht darauf, dass für alle Querschnitte eines Feldes die Transversalkraft dieselbe ist. Die grösste positive Transversalkraft wird daher für alle Querschnitte eines Feldes auftreten, wenn eine Last, in der Regel die erste oder zweite des Systemes, am rechten Querträger des fraglichen Feldes liegt.

Es sei nun:

V die Transversalkraft, wenn die erste Last G am rechten Querträger des fraglichen Feldes liegt;

G die am rechten Querträger des fraglichen Feldes liegende Last;

β ihr Abstand von der rechten Stütze;

G_r die Resultirende aller übrigen auf dem Träger befindlichen Lasten;

β_r ihr Abstand von der rechten Stütze;

e die Entfernung der Last G von der ersten der Lasten, aus welchen sich G_r zusammensetzt;

V' die Transversalkraft, wenn die zweite Last des Systemes (die erste von G_r) am rechten Querträger des fraglichen Feldes liegt;

R die Resultirende der Lasten, welche, wenn die zweite Last am Querträger liegt, neu hinzukommen, r ihr Abstand von der rechten Stütze;

d die Länge eines Feldes; dann ist:

$$V = \frac{\beta}{l} G + \frac{\beta_r}{l} G_r;$$

$$V' = \frac{\beta + e}{l} G + \frac{\beta_r + e}{l} G_r + \frac{r}{l} R - \frac{e}{d} G;$$

daher

$$V \begin{cases} \geq \\ \leq \end{cases} V', \text{ je nachdem } \frac{e}{d} G \begin{cases} \geq \\ \leq \end{cases} \frac{e G_r + r R}{l - d}.$$

Für $d = e$ ergibt sich hieraus, wie es sein muss, die unter III a gefundene Formel. Somit kann man wieder leicht entscheiden, ob die erste oder zweite Last am rechten Querträger des fraglichen Feldes liegen muss.

Uebersichtlicher führt auch hier das graphische Verfahren zum Ziel. Man construirt zunächst, ohne Rücksicht auf Querträger, die Curve der Transversalkräfte, wenn die erste Last am Querschnitt liegt. Liegt die erste Last an einem Querträger, so ist die Transversalkraft an der Stelle der Last (sowie für alle Querschnitte links) durch die betreffende Ordinate dieser Curve gegeben. Liegt die erste Last zwischen zwei Querträgern, z. B. F und E , so hat man von der Transversalkraft, welche durch die Ordinate $\alpha \beta$ der oben gezeichneten Curve (Fig. 19) dargestellt

wird, den Druck R_f auf den linken Querträger F' des fraglichen Feldes abziehen, um die Transversalkraft für alle Querschnitte des fraglichen Feldes zu erhalten. Macht man nun $F' F'' = G = 01$ und zieht $E F'$, so ist $\alpha \alpha' = R_f$ und $\alpha' \beta$ die gesuchte Transversalkraft. Man kann sonach leicht angeben, ob die erste oder zweite Last des Systemes am rechten Querträger des fraglichen Feldes liegen muss, und die Curve der Maximal-Transversalkräfte zeichnen, wie in Fig. 19.

b) Momente. Den Einfluss der Querträger berücksichtigt man, wenn man die Lasten G_1, G_2, \dots, G ersetzt durch ihre auf die betreffenden Querträger entfallenden Componenten, wenn man also Fig. 20 statt des Seilpolygones $A' I II III \dots B'$ das Seilpolygon $A' C' D' E' B'$ nimmt. Hieraus ergibt sich sofort:

Mit Rücksicht auf Querträger sind die Momente an den Stellen, wo Querträger liegen, eben so gross, an allen übrigen Stellen aber kleiner als ohne Rücksicht auf Querträger. Der gefährliche Querschnitt liegt immer an einem Querträger. Das absolut grösste Moment tritt auch immer an einem Querträger auf. Trägt man an den Stellen, wo Querträger liegen, die entsprechenden Maximalmomente als Ordinaten auf, und verbindet man die Endpunkte dieser Ordinaten durch gerade Linien, so geben die Ordinaten dieses polygonalen Linienzuges die Momente richtig an den Stellen, wo Querträger liegen, an allen übrigen Stellen zu gross.

An einem Querträger ist sonach das grösste Moment durch die früher unter III b) abgeleitete Regel bestimmt: es muss nämlich zu beiden Seiten des Querschnittes die Last per Längeneinheit nahezu dieselbe sein. Dieselbe Regel kann man, mit Rücksicht auf Querträger, für einen beliebigen Querschnitt gelten lassen.

Es sei:

- R_f die Resultirende aller Lasten im fraglichen Felde;
- G die Resultirende der Lasten links vom linken Querträger des fraglichen Feldes;
- G_r die Resultirende der Lasten rechts vom rechten Querträger des fraglichen Feldes;
- x_1 der Abstand des linken Querträgers des fraglichen Feldes von der linken Stütze;
- ξ_1 der Abstand des Querschnittes vom linken Querträger.

Das Moment M in C (Fig. 21) ist nun:

$$M = m n . B.$$

Verschiebt man das ganze System nach links um $\Delta \xi$, ohne dass eine Last einen Querträger des fraglichen Feldes oder eine Stütze überschreitet, so ist die Aenderung ΔM des Momentes M gegeben durch:

$$\Delta M = (m' n' - m n) B = (m' m - n' n) B.$$

Da nun zufolge der Construction:

$$\Delta A' m' m \propto \Delta A' B'' B'; \quad B'' B' = M S_r;$$

$$\Delta S_r M S_r \propto \Delta P G_r o;$$

$$\Delta S_r S_r M' \propto \Delta o P R; \quad F' F'' = L S$$

und

$$\Delta S' S L \propto \Delta P o G,$$

so hat man:

$$m' m = \frac{G + R + G_r}{l} \cdot \frac{x_1 + \xi_1}{B} \Delta \xi; \quad n' n = \left(G + R \frac{\xi_1}{d} \right) \frac{\Delta \xi}{B},$$

und somit:

$$\Delta M = \left(\frac{G + R + G_r}{l} - \frac{G + \frac{R}{d} \xi_1}{x_1 + \xi_1} \right) (x_1 + \xi_1) \Delta \xi.$$

Ist nun, für eine gegebene Stellung des Einzellasten-Systemes und für einen gegebenen Querschnitt

$$\frac{G + R + G_r}{l} - \frac{G + \frac{R}{d} \xi_1}{x_1 + \xi_1} > 0$$

oder, was dasselbe ist:

$$\frac{G_r + \frac{R}{d} (d - \xi_1)}{l - x_1 - \xi_1} - \frac{G + \frac{R}{d} \xi_1}{x_1 + \xi_1} > 0,$$

so wächst das Moment beim Verschieben des Systemes nach links.

Ist aber

$$\frac{G_r + \frac{R}{d} (d - \xi_1)}{l - x_1 - \xi_1} - \frac{G + \frac{R}{d} \xi_1}{x_1 + \xi_1} < 0,$$

so wächst das Moment beim Verschieben des Systemes nach rechts. In beiden Fällen kann der Ausdruck

$$\frac{G + R + G_r}{l} - \frac{G + \frac{R}{d} \xi_1}{x_1 + \xi_1}$$

sein Zeichen nur ändern, wenn eine Last einen der Querträger überschreitet. Das grösste Moment wird daher an einem Querschnitte auftreten, wenn eine Last an einem der Querträger des fraglichen Feldes liegt, und zwar diejenige, für welche der obige Ausdruck sein Zeichen ändert. Man kann nun $\frac{R}{d}$ als die per

Längeneinheit des fraglichen Feldes entfallende Last auffassen; denkt man sich R gleichmässig vertheilt, so entfällt auf die Länge ξ_1 die Last $\frac{R}{d} \xi_1$; auf die Länge $x_1 + \xi_1$ entfällt somit

die Last $G + \frac{R}{d} \xi_1$; man kann daher sagen: $\frac{G + \frac{R}{d} \xi_1}{x_1 + \xi_1}$ ist

die per Längeneinheit links vom Querschnitte entfallende Last. Somit kann man auch mit Rücksicht auf Querträger sagen:

An einem beliebigen Querschnitt tritt das grösste Moment auf, wenn zu beiden Seiten des Querschnittes die Lasten per Längeneinheit so viel als möglich gleich sind.

Die Bestimmung der Maximal-Transversalkräfte und Momente mit Rücksicht auf Querträger ist sonach ebenso einfach als ohne Rücksicht auf Querträger.

Construction zu eisernem Oberbau

des Herrn

Ingenieur G. Pfannkuche,

Maschinenfabrikant in Wien.

Von

M. M. Freiherrn von Weber,

Ingenieur, k. k. Hofrath a. D.

(Mit Zeichnungen auf Blatt Nr. 13.)

Die Maximen, welche bei Constructionen der Eisenbahngeleise verfolgt worden sind, haben eine jener eigenthümlichen Wandlungen erfahren, denen wir nicht selten in der Technik begegnen. Man ist dabei vollständig aus einem Extreme in das andere gefallen.

Nachdem man sich während fast eines halben Jahrhunderts, und unter Beanspruchungen des Eisenbahn-Oberbaues, die schwerlich an Intensität jemals überschritten werden dürften, mit einem Maasse der Stabilität des mechanischen Zusammenhaltes der Geleise begnügt hat, das, im Verhältniss zu den darauf einwirkenden Kräften, fast verschwindend klein war, und trotzdem nur in seltenen Fällen, und unter dem Zusammentreffen verschiedener Einwirkungen, sich als ungenügend auswies, erscheinen plötzlich in neuester Zeit, besonders bei den Constructionen des eisernen Oberbaues, die mächtigsten eisernen Organe zur Herstellung dieser Stabilität, und besonders zur Verbindung der beiden Stränge eines Eisenbahngeleises, als kaum mehr ausreichend.

Der Verfasser hat durch seine experimentativen Erörterungen*) dargethan, dass eine horizontale Pression von wenigen Centnern hinreiche, um sowohl die Lage der Schienen auf den Schwellen, als die des Geleises selbst auf der Beschotterung, bis zur Unbenutzbarkeit des Geleises zu verändern, wenn dasselbe unbelastet ist. Es geht daraus hervor, dass die Stabilität der Geleise zum allergrössten Theile auf der Reibung der belasteten Schienen auf den Schwellen, und der Reibung der belasteten Schwellen auf ihrer Unterlage beruhe.

Dargethan haben ferner diese Erörterungen, dass die Wirksamkeit der Hinterfüllung der Schwellenköpfe und der Schwellen mit Schotter oder Erde für die Stabilität der Geleise gegen Horizontal-Verschiebung ebenfalls fast Null sei, und fast ausschliesslich jene Reibung des belasteten Geleises in seiner Gesamtheit auf seiner Unterlage, dessen Widerstandsfähigkeit gegen Verschiebung begründe.

Die vieljährige Praxis hat ferner gelehrt, dass auch die ausserordentlich schwachen Tendenzen, welche die Schwellen-Oberbau-Construction dem Umkantender Schienen auf den Schwellen entgegensetzt, dem Zwecke beinahe vollständig genügten, und nur in äusserst seltenen, noch seltener genügend beglaubigten Fällen ein wirkliches Umkanten der Schienen, unter den Einflüssen des Betriebes, stattgefunden hat.

Endlich lehrt aber diese Praxis, dass die Lahmheit der meisten Längsverbindungen der Schienen nicht in Mängeln von deren ursprünglichen Construction und Stabilität, oder der ungenügenden Stärke der Laschen und Bolzen, sondern darauf beruhe, dass die Erhaltung des gegenseitigen dichten Anschlusses der Eisentheile von Schienen, Laschen und Bolzen unter den schleifenden, abnützenden und lockernden Einflüssen von Sand und Staub und der biegenden Bewegungen der Geleise, ferner die Fügigkeit die Laschenbolzen jederzeit genügend nachziehen zu können, und sie dann in der gewünschten Stellung unverrückt verharren zu lassen, bis zur Zeit, trotz der gegentheiligen Be-theuerung mancher Erfinder, noch ungelöste Probleme sind.

Die genügende Berücksichtigung dieser Thatsachen, deren Kenntniss bei jedem überhaupt competenten Techniker ohneweiters vorausgesetzt werden darf, hätte nun, als es die Construction von ganz eisernen Bahngestängen und dabei die Erzielung genügender Stabilität in allen Richtungen, zugleich mit thunlichster Eisenökonomie, galt, folgerichtig dahin führen müssen, dass diesen

Constructionen Verhältnisse gegeben worden wären, deren Stabilität jene der früheren, bisher „beinahe“ genügenden Geleise-Constructionen nur um jenes, verhältnissmässig geringfügige Maass übertroffen hätte, welches zur Verwandlung des Begriffes „beinahe“ in den von „völlig“ ausreichte.

Statt dessen hat der vielen Technikern anhaftende, an sich überaus löbliche Drang, möglichst vollkommene Anordnungen zu schaffen, die meisten Constructeure von eisernem Oberbau weit über das Ziel hinausgeführt und wir haben technisch-wissenschaftlich wohlbegründete aber kostspielige, anstatt praktisch genügender, wohlfeiler Constructionen erhalten.

Die Stabilität der Mittel, welche den Parallelismus der Geleisestränge und die verhältnissmässig wenig relevante Neigungslage der Schienen sichern sollen, die der Querverbindungen, ist bei mehreren Eisenoberbau-Anordnungen mit grossen Kosten und unter mehrfacher Erhöhung der Montirungs- und Verlegungs-Schwierigkeiten, gleich auf das sehr vielfache derjenigen gesteigert worden, die beim Holzschwellen-Oberbau mit Hakennägel-Befestigung „beinahe“ ausreichen und, nur verdoppelt, ganz ausgereicht haben würden.

Dabei hat man die longitudinale Steifigkeit des Gestänges durch die Combination der Tragfähigkeit enorm steifer Langträger-Unterlagen mit der der Schienen und Laschenverbindungen über das erforderliche, ja vielleicht sogar über das erspriessliche Maass hinaus, gesteigert, und den Langträgern, zum Theil in vollständigem Verkennen der oben erwähnten Wirksamkeit des Bodens gegen seitliche Verschiebung, Organe in Gestalt von Längsrippen etc. angefügt, welche die Lage der Geleise in horizontaler Richtung sichern sollen, während man gleichzeitig diesen Langträgern, zur Sicherung gegen Longitudinal-Brüche, Dimensionen gab, ausreichend Einwirkungen zu widerstehen, dem sehr Vielfachen derjenigen gleich, denen der bisherige Holzoberbau in gleicher Richtung leicht und sicher widerstand.

Während man aber die Dimensionen der Widerstands-Elemente der Geleise über das erforderliche Maass hinaus erhöhte, vermehrte man gleichzeitig Zahl und Bedeutung der Constructionen-Organe, auf deren Existenz schon die eigentlichste Schwäche der Holzschwellen-Oberbau-Anordnungen beruht hatte, nämlich die Verbindungsorgane der Schienen.

Mit der Vermehrung der Zusammenschlussmittel der unelastischen Theile, der Bolzen, Unterlagen etc. auf das zehnfache, stieg auch die Chance des Losewerdens, des sich „Losearbeitens“ dieser Theile in gleichem, ja höherem Maasse.

Es leiden daher die allermeisten der bis jetzt bekannten Constructionen von eisernem Oberbau an einer Anzahl von Uneigentlichkeiten und Complicationen, die fast jeder derselben nur einen wirklichen Erfolg sichern, so lange sie sich unter dem Auge und der Pflege des Erfinders oder Constructeurs befinden; ohne Ausnahme stehen sie hoch im Preise (der nur durch die damaligen Eisenconjuncturen und die Thunlichkeit der Verwendung der alten Eisenschienen zur Herstellung der Unterlagsorgane herabgemindert wird) und sind mit einer Starrheit und Härte des Geleisegestänges behaftet, welche der Fahrt auf damit ausgeführten Strecken fast alle die Eigenschaften gibt, die man bisher an Steinwürfelbahnen fand, oder zu finden glaubte.

Ich begrüsse daher die auf Blatt 13 dargestellte Construction eines eisernen Oberbaues, welche vom Ingenieur Herrn G. Pfannkuche in Wien herrührt, als einen näher-

*) Vide „Stabilität des Gefüges der Eisenbahngeleise“. Von M. M. von Weber. Weimar, Voigt, 1869.

bringenden Schritt zur Lösung des Problems der Herstellung eines eisernen Oberbaues, dessen Stabilität in longitudinaler und transversaler Richtung eine durchaus genügende und dessen Geleisgefüge in seinem Zusammenhalt für alle Fälle ausreichend gesichert ist, ohne dass die Anordnung mit jenen technischen Spitzfindigkeiten, Complicationen und Materialüberschüssen belastet wäre, durch welche die Ausführung, Verwendung und Unterhaltung vieler Constructionen dieser Art in der grossen Praxis so wesentlich erschwert wird.

Obwohl Erörterungen über Oberbau-Anordnungen häufig mit theoretischen Entwicklungen begleitet worden sind, so weiss doch der erfahrene Praktiker, dass Constructionen und Gefüge dieser Art, die so verschiedenartigen, in geradezu unberechenbaren Weisen, Richtungen und Formen auftretenden Einwirkungen von Stössen, Pressungen, Torsionen etc. ausgesetzt sind, lediglich auf das Experiment begründet, durch die Erfahrung geprüft und von ganz praktischem Standpunkte aus beurtheilt werden müssen.

Und solcher Beurtheilung von erfahrenen Fachgenossen sei die auf Blatt 13 dargestellte Construction empfohlen. Der Erfinder hat dieselbe in zwei, nach ihren Zusammenhalts-Organen verschiedenen Anordnungen, gedacht; bei der einen bestehen jene aus Keilen, bei der anderen aus Schrauben. Die erstere, obwohl ungewöhnlich, hat doch unbestreitbar gewisse Vortheile. Zunächst die der Wohlfeilheit und überall möglichen Herstellung, sodann den des unbedingten Festhaltens des gespaltenen Keiles in der ihm gegebenen Lage, Einfachheit der Werkzeuge bei Montirungen und Unterhaltung und genügende Halkraft für den vorliegenden Zweck, wo die Verbindungs-Organen in ganz anderer Weise beansprucht werden, wie bei den Laschenverbindungen gewöhnlicher Geleise.

Die in Fig. 2, 5, 9 skizzirte Laschenverbindung der Schienen ist, kraft der Eigenschaften des Longitudinal-Trägersystems, das selbst die vollkommenste Laschenverbindung bildet, a priori überflüssig.

Der Biegung und dem Bruche durch Verticaldruck widersteht das projectirte Gefüge von Schienen und Langträger mehr als dreimal kräftiger als die solideste Schienen- und Schwellen-Construction; daher mehr als ausreichend.

Den Tendenzen gegen Umkanten der Schiene aber setzt es (durch die Uebereckstellung der Verbindungsstangen an Kopf und Fuss der Schiene, die man vielleicht auch um zwei in der Curve vermehren kann) eine Widerstandsfähigkeit entgegen, die mindestens die zehnfache der einer gewöhnlichen guten Schwellen-Nagelung ist.

Die Stabilität des Langträgers gegen Longitudinalbruch ist, vermöge seiner Wölbung, des Aufliegens der Schienen in ganzer Länge und Breite und durch Vermehrung der Tragfähigkeit durch die hohe Rippe, eine mehrfach über das Bedürfniss hinausgehende.

Die hölzernen Langschwellen der holländischen Bahnen und der Great-Western-Bahn hatten 0.304^m bezüglich 0.355^m Breite bei 0.127 bis 0.152^m Dicke. Ihre Stabilität gegen Langbruch (Spaltung) war daher, selbst die Breite der Auflage des Schienenfusses in Betracht gezogen, viel geringer, als die des vorliegenden Trägers, ohne dass Spaltungen durch die Belastung vorgekommen wären. Die Ausführung der Träger wird für das Walzwerk nicht mehr Schwierigkeiten machen, als die jedes T-Eisens, selbst wenn die kleine Rippe, die den Schienenfuss (Fig. 1, 2, 3) einschliesst, mit angewalzt würde. Für den Fall, dass weniger geübte Werke aber Bedenken hiergegen erheben, oder deshalb den Preis erhöhen zu

müssen glauben, hat der Constructeur dieselbe durch die Nietreihe *d* (Fig. 3, 5, 7) ersetzt.

Sehr rationell hat der Constructeur von Anbringung jener Rippen an der Unterseite des Langträgers abgesehen, durch welche mehrere Constructionen von eisernem Oberbau die Widerstandsfähigkeit derselben gegen Transversal-Verschiebung zu vermehren streben. Diese Bestrebungen, irrig wie sie sind, vermehren nur durch jene Rippen das Gewicht der Construction, ohne den Zweck zu erreichen, da der minimale Widerstand des kleinen Erdkörpers, gegen den die Rippe sich seitlich stützt, der Transversal-Verschiebung so gut wie kein Hinderniss bietet *).

Dieser wird hier, wie beim Schwellen-Oberbau, fast ganz ausschliesslich durch die Reibung des belasteten Oberbaues auf seiner Unterlage die Spitze geboten werden.

Die Unterfläche der Trägers ist, ihrer Dimension nach, vollständig genügend für die verticale Stützung gegen die Bettung und, ihrer Form nach, die passendste für die Unterstopfung und Verlegung.

Zahl und Anordnung der Organe, deren Losewerden die Stabilität des Oberbaues beeinträchtigen könnte, Bolzen, Unterlagen, Keile u. s. w., ist auf ein Minimum beschränkt und eine weit geringere als bei irgend einer anderen gleichwerthigen Construction.

Was die Montirung des Oberbaues nach dieser Construction auf freien Strecken, das Anbinden desselben an die Geleise der Stationen, die, wohl noch auf geraume Zeit hinaus mit Holzschwellen-System ausgeführt werden dürften, anlangt, so leidet er an denselben Schwierigkeiten, die fast alle eisernen Langträger-Constructionen bieten, ohne beiweitem die der dreitheiligen Anordnungen zu erreichen.

Für correctere Herstellung der Curven werden die Langträger durch Abhämmern des äusseren Randes gebogen werden müssen, wobei ein Windflüchtigwerden derselben schwer gänzlich zu vermeiden ist. Jedenfalls müssen Langträger und Schienen, für die Ausführung in freien Strecken, auf den Werkplätzen, und beziehungsweise in den Werkstätten, vorbereitet und gepasst sein, wenn die Montirung an Ort und Stelle nicht unverhältnissmässige Kosten verursachen soll.

Diese Schwierigkeit wird hier, wie bei jedem Eisenoberbau, besonders dann hervortreten, wenn es gilt, nach Unfällen, Geleise schnell wieder herzustellen, was hier nicht, wie bei den Schwellengeleisen, durch blosse Streckenarbeiter geschehen kann.

Die Anbindung der Stationsgeleise an die Streckengeleise muss durch eine stuhlartige Vorrichtung erfolgen, welche sich fest an den Langträger anschliesst und das Ende der breitbasigen Schiene mit aufnimmt.

Die Gewichte seiner Oberbau-Construction gibt Herr Pfannkuche wie folgt an:

Mit 10 ^m langen Schienen und Schwellen:	
2 Schienen per Meter	20 ^{kg} 400 ^{kg}
2 Schwellen „ „	30 ^{kg} 600 ^{kg}
4 Spurstangen mit Keil oder Schraube à	8 ^{kg} 32 ^{kg}
16 Verbindungsbolzen à	0.50 ^{kg} 8 ^{kg}
2 Sattel mit Bolzen und Unterlageisen . .	40 ^{kg}
1080 ^{kg}	

Gewicht per laufenden Meter Geleise 108^{kg}.

*) Vide das oben angezogene Werk des Verfassers.

Herr Hofrath Freiherr von Weber stellt in seinem Werke: „Ueber Stabilität des Gefüges der Eisenbahn-Geleise“ die Aufgabe: Herstellung eines Oberbaues aus Materialien und Elementen, die eine willkürliche Gestaltung in Maass und Anordnung nach rationellen, mechanischen und statischen Grundsätzen, mit einem Worte, die Anordnung des Oberbaues der Eisenbahnen im einzig correcten Sinne: dem eines continuirlichen doppelten eisernen Trägers gestatten, dessen Dimensionen stets der Inanspruchnahme durch den Verkehr entsprechen und der, ohne Vermittlung wandelbarer Elemente aus organischen Stoffen, direct auf dem Erdreich aufruhet, welches das Ganze trägt, und der in sich durch eben so sicher den Veränderungen seiner Form, in Bezug auf Spurweite, Biegung, Verschiebung u. s. w. widerstehende mechanische Organe vereinigt ist, wie jeder Brückenträger u. s. w.

Gefertigter hat eine Lösung dieser Aufgabe in beiliegendem Blatte versucht und war dabei bemüht: die „breitbasige“ Oberschiene, die Laschen, die Querschwellen und Schrauben möglichst zu vermeiden. Nothwendig ist auch, nur wenige, billige und einfache Bestandtheile zu nehmen, die von simplen Arbeitern mit wenigem Werkzeug bedient werden können. Endlich ist es zweckmässig, wenn der Oberbau so construirt ist, dass er nie eine Beunruhigung des Grundes erfordert.

Die Langschwelle *A*, Fig. 1—9, hat eine einfache convexe Basis, um ein leichtes Unterstopfen zu gestatten und um hohe Schotterbänke unter derselben zu vermeiden. Sie hat neben dem verticalen Schenkel *a* entweder eine Nuth *c*, Fig. 1, 2, 6, um den Schienenfuss aufzunehmen, oder eine Reihe Nietköpfe *d*, Fig. 3, 5, 7, um den Schienen Halt zu geben. Diese Niete mit cylindrischen oder viereckigen Köpfen stehen in Entfernungen von 0.75—1^m. Die Schiene *B* wird mit dem Fusse *b* in die Nuth *c*, oder hinter die Nietköpfe *d*, an den Schenkel *a* gestellt, so dass der Schienenstoss inmitten der Schwelle kommt, und mit diesen (in Entfernung von 0.75—1^m) mit Keilbolzen oder Schraubenbolzen *f*, Fig. 7, 9, angezogen. Eine weitere Verbindung geben die Spurstangen *e*, Fig. 1 und 2, mit gespaltenem Keile *g*, Fig. 4, oder mit Schraubenmutter, Fig. 2, 5, 8. Ohne jede Schwierigkeit und ohne weitere Aenderung kann auch eine Querverbindung aus T- oder Flacheisen genommen werden. Sollte eine Verbindung der Schwellen unter sich nöthig sein, so lege ich unter den Stössen einen circa 200^{mm} breiten Sattel *h*, Fig. 17, der mit Keilbolzen oder Schraubenbolzen angezogen wird.

Wird eine Art Laschenverbindung nöthig sein, so doch jedenfalls eine mit halben Laschen, indem die Schiene die halbe Lasche *l*, Fig. 5, und die Schwelle die halbe Lasche *k*, Fig. 5, erhält. Beide dienen den Spurstangen als Anlagen und werden zugleich durch dieselben angezogen.

Die Verbindung mit gespaltenen Keilen anstatt der Schraubenmutter ist beim Oberbau wohl neu, ist aber eine sichere und dauerhafte Befestigung. Die Keile sind leicht eingezogen, wenn der eine Schenkel, Fig. 9, nach dem Eintreiben umgebogen ist, so ist ein Zurückgehen nicht möglich, ein Untersuchen und Nachziehen sehr einfach und ein endliches Ausziehen leicht.

In der Mechanik ist die Anwendung der Keile nicht selten; so sind bei den älteren Dampfmaschinen die Kolbenstangen damit eingehängt, die grossen Druck und unzählige Stösse auszuhalten haben.

Ich habe nur wenige und das nur runde Löcher, nicht ein einziges viereckiges, herzustellen. Die Keil-Construction liesse einen

Oberbau herstellen ohne einen Feilstrich, nur vom Walzwerk und der Schmiede aus fertig.

Auch die Construction mit Schrauben hat nur einfaches Kleisenzeug, nur runde Löcher, und hat man auch nie unter der Schwelle und im Erdreich zu thun. Alle zu untersuchenden Theile liegen ober der Erde und ober der Schwelle.

In Fig. 7, 8, 9 habe ich gestrebt, möglichst niedrige und leichte Schienen zu nehmen; denn die Schwelle soll tragen und die Schiene nur führen. Dadurch wird der Schenkel *a* auch bedeutend niedriger. Damit ein Klappern der Schiene, wenn sie in der Nuth *l*, Fig. 1, oder hinter dem Nietenkopf *d*, Fig. 3, nicht genau anliegt, vermieden werde, habe ich hier (Fig. 7, 8, 9) den Schienenfuss keilförmig gestaltet, so dass ihn das Wagengewicht fest anliegen macht. An den Schienen- und Schwellen-Enden wurden Klammerplatten *o* mit Hakenbolzen *p* angebracht, vorzüglich um beim Legen die Schiene in die Nuth hineinzupressen.

Bei Krümmungen nehme ich kurze Langschwellen, und wenn dieses nicht ausreicht, so können diese kurzen Schwellen gebogen werden.

Nach Versicherung bedeutender Eisenwerke, hat das Biegen meiner Schwellen in jede verlangte Curve gar keine Schwierigkeit und bei Massen-Erzeugung auch keine Preiserhöhung zur Folge. Für alle Fälle habe ich eine Biege-Maschine construirt, die billig herzustellen und auch leicht zu bedienen ist.

Ich schickte eine Zeichnung an Herrn Ober-Ingenieur Heusinger von Waldegg, und mit einer freundlichen Zuschrift sandte mir dieser geehrte Herr eine Zeichnung seines neuesten patentirten Oberbaues. Diese Sendung brachte mir eine Construction in Erinnerung, die ich im Jahre 1872 gezeichnet hatte. (Fig. 10, 11, 12.) Damals liess ich sie liegen, weil ein Bahntechniker sie abfällig beurtheilte, weil ich damals in dieser Branche nicht zu Hause war, und ich auch in geschäftliche Verhältnisse kam, die mich Obiges ganz vergessen liessen.

Diese am 19. April 1877 patentirte Construction besteht in Folgendem:

A stellt in Fig. 10, 11, 12 die Langschwelle dar. Dieselbe hat als Basis eine convexe Form, wodurch grosse Festigkeit, leichtes Unterstopfen, Zusammenfassen des Grundes und Abfliessen des Wassers erreicht wird. Diese Schwelle hat auch einen verticalen Schenkel (Längsrippe) *B*, über den eine brückenförmige Schiene *C* gestellt wird. Diese Schiene hat eine bedeutend grössere Höhlung, als wie sie der verticale Schenkel *B* der Schwelle beansprucht. Die Schwelle bleibt in allen Fällen gerade, während die Schiene verschiedene Krümmungen in den Curven annehmen muss und handelt es sich darum, beide, Schiene und Schwelle, auf einfache, billige und unwandelbare Weise mit einander zu verbinden. Ich stelle die gebogene Schiene *C* auf die gerade Schwelle *A* und befestige sie provisorisch durch Spannkloben, oder ähnliche Mittel, miteinander. An beiden Seiten des verticalen Schenkels *B* ergeben sich nun sehr ungleiche Zwischenräume *D* und *E*, die ich mit Zink (Stahl, Eisen) ausgiesse, indem ich die Schwelle mit der angehefteten Schiene umkehre und das geschmolzene Metall in die dazu angefertigten Bohrungen *F*, Fig. 10, 11, 12, eingiesse. Diese Bohrungen sind conisch versenkt, theils um das Eingiessen zu erleichtern, und um eine provisorische Verbindung der Schwelle mit dem gemachten Einguss herzustellen, weil beim Transporte sonst ein Ablösen stattfinden würde.

Um eine sichere Herstellung und Erhaltung der Schienenkrümmung vor dem Einguss zu erhalten, kann man in beliebiger Entfernung der Schiene Schrauben geben, *G*, Fig. 13, die gegen die Längsrippe der Schwelle drücken und so jede Krümmung feststellen. Diese Schrauben geben zugleich eine provisorische Verbindung der Schiene mit dem eingegossenen Metall. Sollten diese Schrauben nicht nöthig sein, so gebe ich der Schiene eine beliebige Anzahl Löcher *H*, Fig. 13, wo Metall hinein fließen kann, um genannte provisorische Verbindung sicherzustellen. Nun wird in diesen Körper eine Anzahl Nieten *J*, Fig. 12, eingezogen und der zweitheilige Oberbau ist in einen eintheiligen umgewandelt. Wenn endlich nach Abnutzung die Schiene ausgewechselt werden muss, so werden die Nieten ausgezogen, und da sämtliche Flächen der Schiene und Schwelle, die mit dem Einguss in Berührung sind, conisch gestellt sind, so ist ein Abheben der Schiene und des Eingusses leicht, umsomehr da diese Flächen mit Graphit bestrichen sind. Nun wird eine neue Schiene aufgestellt und wie früher verfahren. Es ist möglich, den Einguss auf der Schwelle zu erhalten und nur eine neue Schiene aufzustecken. Jetzt habe ich also einen ganz eintheiligen Oberbau, der nur gelegt zu werden braucht, um mit Querverbindungen versehen zu werden. Als Querverbindungen denke ich für eine Schienenlänge nur vier runde Spurstangen zu nehmen, die mit Keil oder Schraube eingezogen werden. *K*, Fig. 10, 11.

Die Verbindung zweier Schienen und Schwellen wird hergestellt, indem die Stösse um circa 0.20^m versetzt werden, und dadurch steht also ein Ende der Schiene um so viel über den Stoss seiner Schwelle hinaus und greift über die Längsrippe *B* der nächsten Schwelle. Natürlich ist beim Eingiessen des Zinkes *D E* darauf Bedacht genommen, dass dieser freistehende Theil der Schiene auch mit Zinkwänden ausgegossen ist, und damit über die Längsrippe der nächsten Schwelle gelegt, ist auch ein genauer Anschluss gegeben. Dieser Theil wird nun mit ein oder zwei Bolzen *L*, Fig. 17, und der einen Spurstange *K* genügend befestigt. Jedenfalls dürfte eine Verbindung der Langschwellen untereinander durch Sattel nöthig sein, *M*, Fig. 17, und nehme ich diese in der Länge von 0.30^m — 0.40^m , mit 4—8 Bolzen *M* (Hakenbolzen) angezogen. Zugleich sind Ueberlegeisen *O* genommen. Wenn eine weitere Querverbindung nöthig sein sollte, so stellt ein Ueberlegeisen *O* die Flantsche einer Querverbindung aus I- oder T-Eisen vor.

Sollte eine Sicherung der Langschwellen gegen das sogenannte „Wandern“ (Verschieben nach der Länge) nöthig sein, so bilde ich den Sattel *N*, Fig. 4, aus T-Eisen und der Schenkel dieses T-Eisens greift in die Erde. Diese Sattel sind leicht und billig hergestellt. Eine Querverbindung ist sehr praktisch, wenn diese Sattel *N* als Enden einer Querschwellen angenommen werden. Dieses ist zugleich eine gute Verbindung bei verlangter Inclination der Schienen, die aber bei meiner Construction gewiss nicht nöthig ist. Als einfache Sattel gedacht, kann man sie leicht breiter machen als die Schwellenbasis ist.

Sollte eine Laschenverbindung nöthig sein, so nehme ich selbe *P*, Fig. 10, aus einfachem Flach- oder Gittereisen. Wenn Verbindungen mit Keilen genommen werden und die excentrischen Unterlegscheiben überflüssig sind, so wären die Schienen *C* noch um 0.02^m niedriger herzustellen. Bei scharfen Krümmungen bleiben die Schienen in der ganzen Länge, z. B. 9^m , aber die Schwellen können in 2, 3—4 Theile getheilt werden, ohne in der Manipulation etwas zu ändern, da mehrere Schwellen in eine Schiene eingegossen werden können. Fig. 14. Endlich könnten die Schwellen auch gebogen werden. Es kann auch zweckmässig sein, in die gekrümmten Schienen durch Einlegen eines Kernes eine gerade Nuth in die Höhlung zu giessen, mit der sie dann beim Legen, auf die Schwelle gesteckt wird. Hierdurch wäre man in der Lage, den Stoss der Schienen inmitten der Schwelle zu legen; — es wäre dann wieder eine Bolzenverbindung nöthig.

Diese Construction ist die höchste Einfachheit, ist billig, leicht gelegt und leicht beaufsichtigt. Hier sind die guten Eigenschaften der ein- und zweitheiligen Construction, ohne die denselben bis jetzt anhängenden Nachtheile. Hier können keine Störungen irgend welcher Art eintreten und ist, so weit es den Oberbau angeht, eine grosse Betriebssicherheit gegeben, da kein Theil locker werden kann, und ist auf dem festen, massiven Bau ein ruhiges, geräuschloses Fahren gesichert.

Meine hier erklärte Methode des Ausgiessens der Zwischenräume zwischen dem geraden Schenkel der Schwelle und der gebogenen Schiene lässt sich auch bei meiner Construction vom 30. Jänner 1877, Fig. 3 und 5, verwenden, wenn das Biegen der Schwellen zu schwierig sein sollte. In Fig. 15 wird die Schiene in geraden Strecken an den Schenkel *a* angenietet oder angeschraubt. Wenn die Nieten oder Schrauben versetzt angebracht werden, ist für Festigkeit hinreichend gesorgt; sonst sind einige Hakenbolzen oder Keile in den Schwellen anzubringen, um ein Ausbiegen des Schienenfusses zu verhüten. In Curven lege ich zwischen Schiene und geradem Schenkel, hinter den Nieten, ein Stück Flacheisen *r*, Fig. 16, 17, von geringer Breite, z. B. 0.07^m . Die Zwischenräume zwischen diesen Backen giesse ich mit Metall aus, um eine grössere Festigkeit zu erhalten. Es findet ein Versetzen des Stosses statt. Der längere Backen *r*, der am Stosse eingelegt wird, kann mit einigen Nieten, mit versenkten Köpfen, befestigt werden. Eine Laschenverbindung, Fig. 17, wird genügen, sonst liesse sich noch eine Sattelverbindung, Fig. 17, anfügen. Hier ist auch eine Montirung in der Werkstätte nöthig, wie es jetzt oft geschieht. Ein Montiren auf der Strecke ist nicht ausgeschlossen, wenn man mit Schrauben arbeitet oder kalt nietet. Will man auf der Strecke montiren und ist ein Ausgiessen der Zwischenräume nicht nothwendig, so nimmt man die Zwischenlegbacken in verschiedenen Dicken mit, und schraubt das Ganze auf der Strecke zusammen. Dann kann wieder ein Versetzen der Stösse in der Mitte stattfinden.

Fig. 1.

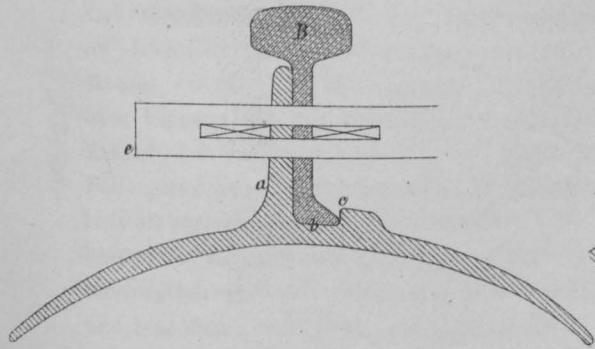


Fig. 2.

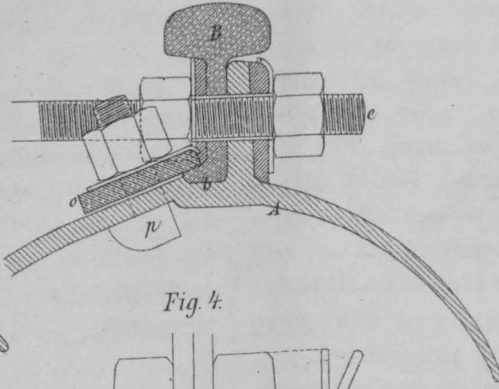


Fig. 3.

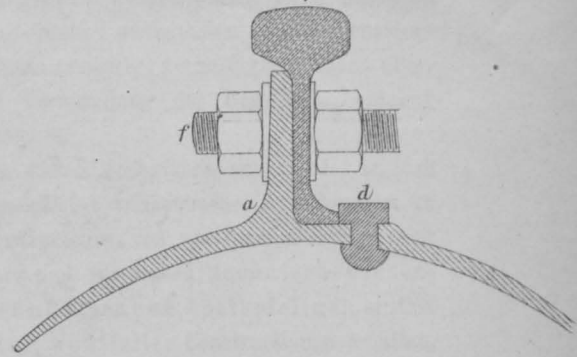


Fig. 4.

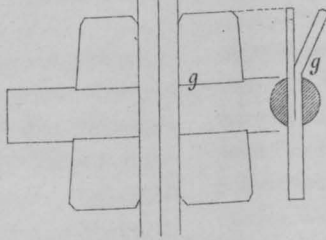


Fig. 5.

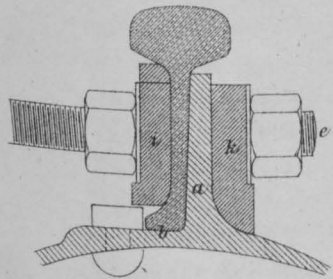


Fig. 7.

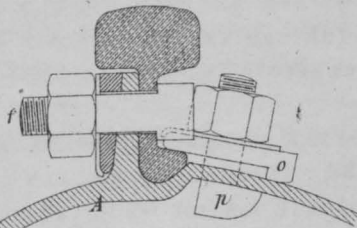


Fig. 8.

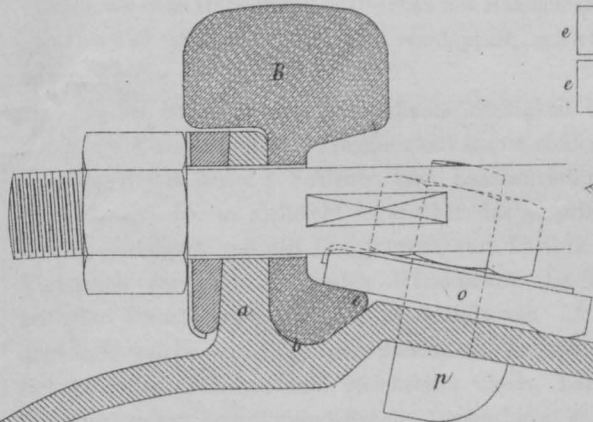


Fig. 6.

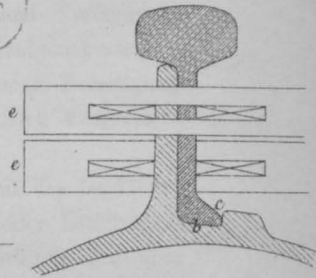


Fig. 9.

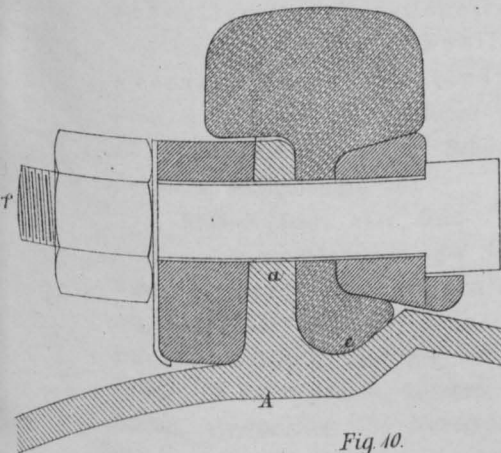


Fig. 11.

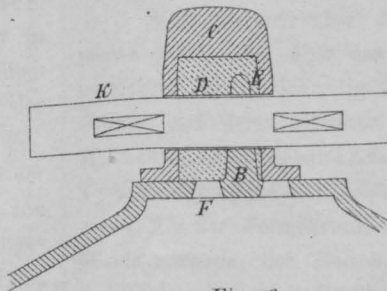


Fig. 16.

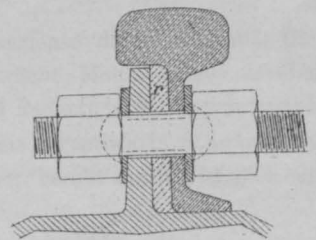


Fig. 10.

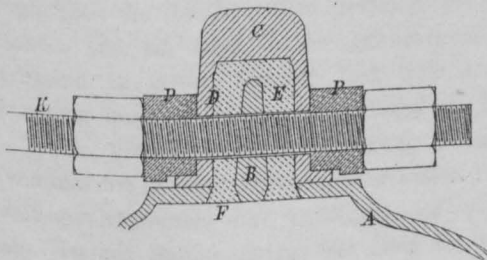


Fig. 13.

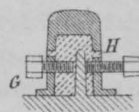


Fig. 12.

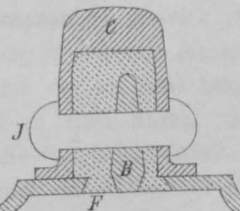


Fig. 17.

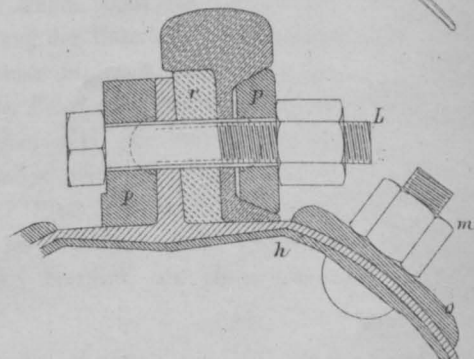


Fig. 15.

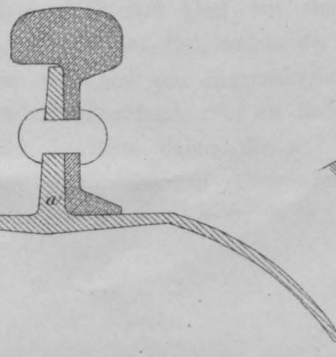


Fig. 14.

